弦振动实验报告

摘要：本实验利用信号发生器和示波器观察并测量弦线在受迫振动下的弦振动情况，通过最小二乘法计算斜率，分析共振频率与不同实验参数的关系，测量波速。

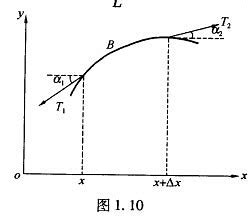
关键词：弦振动 共振频率 波速

1. **实验目的**
2. 观察振动在弦上的传播现象，深刻理解弦振动方程。
3. 分析由波疏介质到波密介质的波的反射特性。
4. 观察受迫振动下的共振现象，测量共振频率，探索影响共振频率的实验参数。
5. **实验器材**

信号发生器 示波器 6根不同直径的弦线 砝码 驱动和接收线圈 定位柱 接头 导线 仪架等固定装置

1. **实验内容**
2. 实验原理
3. 弦振动方程

设有一根一根张力为的线密度为的均匀弦线，在的地方加以振动激励。由于张力的作用，始端带动邻段，依次将振动传播到整根弦上。对于一小段长为的弦，可以分析它的受力情况。



水平方向无位移，受力为0：；

竖直方向的力提供加速度：。

在小量近似的情况下，，，则可以得到：

记，则上式通解为，传播速率仅与和有关。

1. 弦线末端固定时的边界条件、振动的反射现象

若入射波沿x正方向传播，波形为，反射波为沿x负方向传播的波，波形为。由于末端固定，边界条件为.所以入射波和反射波的叠加为，在弦线末端时刻二者完全抵消。

1. 弦线在周期性正弦激励下的受迫振动和共振现象

弦线上沿x正方向传播的波为，沿x负方向传播的波为。叠加波为。

把边界条件和起始条件代入，可得，取实部可得：。

所以弦振动的驻波条件为，即，弦长度为半波长的整数倍时，弦上可形成驻波。

由可得：。

1. 数据处理
2. 分析关系

选用6号弦（），固定弦长，张力

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  | 30.8 | 62.1 | 94.6 | 126.8 | 159.9 | 194.7 |

用最小二乘法对、进行直线拟合：

斜率=32.717，截距a=-3.027，相关系数r=0.99986

不确定度计算：的不确定度是=1.015

斜率的不确定度

斜率理论值=32.358，

1. 分析关系

选用4号弦（），固定张力，

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 30.0 | 35.0 | 40.0 | 45.0 | 50.0 | 55.0 |
|  | 88.4 | 75.3 | 66.1 | 58.6 | 52.7 | 47.7 |

用最小二乘法对、进行直线拟合：

斜率=26.747，截距a=-0.868，相关系数r=0.99996

不确定度计算：的不确定度是=0.139

斜率的不确定度

斜率理论值=26.458，

1. 分析关系

选用2号弦（），固定弦长，

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1.96 | 3.92 | 5.88 | 7.84 | 9.80 | 11.76 |
|  | 44.4 | 64.0 | 78.0 | 86.7 | 96.5 | 105.2 |
|  | 0.673 | 1.366 | 1.772 | 2.059 | 2.282 | 2.465 |
|  | 3.793 | 4.159 | 4.357 | 4.462 | 4.570 | 4.656 |

用最小二乘法对、进行直线拟合：

斜率=0.476，截距=3.490，相关系数r=0.99865

不确定度计算：的不确定度是=0.016

斜率的不确定度

斜率理论值0.5，

1. 分析关系

固定弦长，，张力

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 号数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  | 0.00055 | 0.00098 | 0.00191 | 0.00350 | 0.00578 | 0.00936 |
|  | 131.3 | 95.8 | 69.3 | 52.7 | 41.8 | 30.8 |
|  | -7.506 | -6.928 | -6.261 | -5.655 | -5.153 | -4.671 |
|  | 4.877 | 4.562 | 4.238 | 3.965 | 3.733 | 3.428 |

用最小二乘法对、进行直线拟合：

斜率=-0.498，截距=1.135，相关系数r=-0.99896

不确定度计算：的不确定度是=0.025

斜率的不确定度

斜率理论值0.5，

1. 分析线密度、弦长、张力、基频与波速的关系

波速只与张力和线密度有关系，线密度越大、张力越小，波速越小。

实验值：

理论值：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 号数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 实验（m/s） | 131.3 | 95.8 | 69.3 | 52.7 | 41.8 | 30.8 |
| 理论 | 133.5 | 100．0 | 71.6 | 52.9 | 41.2 | 32.4 |
| 相对偏差 | 1.6 | 4.2 | 3.2 | 0.4 | 1.4 | 4.6 |

1. 为了方便地激发和测量弦振动现象，激励线圈和探测线圈需至少保持10cm的距离，以避免两者互相干扰。
2. 为了快速找到一定实验条件下弦振动的共振频率，可以事先通过理论计算找出大致范围，再在实验中逐步调整，找到精确的共振频率。
3. **反思与讨论**

示波器接收信号有一个滞后的过程，在实验中调整激励频率时切记要等弦振动稳定后再读取数据。

对于不均匀但线密度规律变化的弦线，其上的波速和拉力值有什么规律？

1. **原始数据**

