

**实验目的**

使用超声波运动传感器测量弹簧摆的振动。

概述

弹簧摆的振动是简谐振动的典型，试验中，超声波运动传感器会记录这些振动，并且还能检测到弹簧摆重物悬挂的距离。

实验步骤

- 使用超声波运动传感器记录弹簧摆相对时间的简谐振动
- 根据不同组的弹性常数 k 和物块质量 m 测定振荡周期 T

所需仪器

数量	描述	型号
1	验证胡克定律的螺旋弹簧	U40816
1	1套有槽的砝码, 10 x 10 g	U30031
1	1套有槽的砝码, 5 x 100 g	U30033
1	三脚架 150 mm	U13270
1	不锈钢棒 1000 mm	U15004
1	有钩的夹子	U13252
1	超声波运动传感器	U11361
1	3B NET/lab™	U11310
1	3B NET/log™ (230 V, 50/60 Hz) 或 3B NET/log™ (115 V, 50/60 Hz)	U11300-230 或 U11300-115
1	口袋卷尺, 2 m	U10073

基本原理

当系统偏离其平衡位置时，迫使其恢复平衡的力产生振动，如果回复力总是与偏离平衡位置的位移成正比就成为简谐振动，弹簧摆的振动就是一个典型的简谐振动，偏离位移和回复力遵循胡克定律。

由胡克定律可知偏离位移 x 和回复力 F 有如下关系：

$$(1) \quad F = -k \cdot x$$

其中 k 为弹簧的劲度系数

重量为 m 的物块悬挂在弹簧上，所以有如下关系：

$$(2) \quad m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + k \cdot x = 0$$

主要应用于弹簧本身的质量和任何可能产生的摩擦都可以忽视的情况下。

一般来说，运动方程主要表达为以下形式：

$$(3) \quad x(t) = A \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t + \varphi\right),$$

试验中将通过超声波运动传感器记录随时间变化的弹簧摆的谐波振荡，且将实验测得的数据填入一个正弦函数所验证。

超声波运动传感器监测偏离弹簧的重物与自身的距离，除了零点补偿，即可以通过校准补偿，测量值即对应于公式(3)中变量 $x(t)$ 。

振动周期 T 被定义为在同一方向上一条穿过零点轴的正弦波经过两点之间时间间隔，根据公式(3)可以变形为：

$$(4) \quad T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

利用多组重量 m 的物块和弹簧的劲度系数 k 所得的测量值，并将测量值匹配到通过零轴的曲线上求得振荡周期，从而验证公式(4)。

评价

由公式(4)可以演绎如下结果：

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{k} \cdot m$$

用不同的弹簧劲度系数 k 作为参数将测量值绘制在 T^2 / m 的曲线图上，在测量公差范围内，曲线是一条经过圆点的直线，可以用第二个曲线测定其倾斜度。

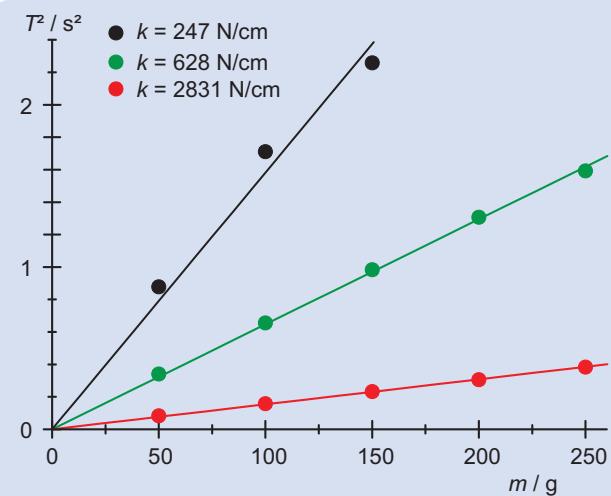


图2: T^2 / m 函数

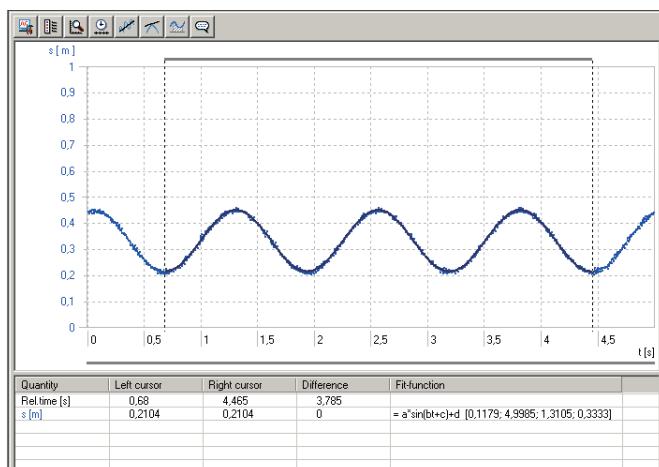


图1: 将记录的振动数据匹配后的正弦函数

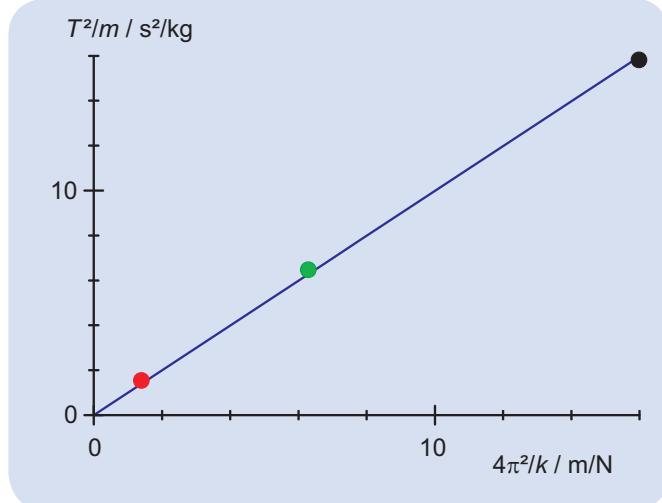


图3: $\frac{T^2}{m} / \frac{4\pi^2}{k}$ 函数