

实验步骤

- 产生螺旋弹簧纵驻波和沿着绳子的横驻波
- 测量固有频率 f_n 作为节点数量 n 的函数关系
- 确定对应的波长 λ_n 和波的传播速度 c

实验目的

研究被拉伸的螺旋弹簧和拉紧的绳索形成的驻波

概述

列举一些例子表明机械波是如何形成的，比如被拉伸的弹簧形成的纵波和拉紧的绳索产生的横波。无论哪种情况，如果介质一端固定，驻波即可形成。因为入射波和在固定端反射的波具有同样的振幅并互相叠加。如果另一端也固定，波能否传播取决于能否满足共振条件。在这个实验中，螺旋弹簧和绳索只固定了一端。距离固定端距离为L的另一端则固定在振动发生器上，它用函数发生器来产生振幅较小频率 f 可变的振荡。这一端也可视为充分逼近的固定点，振动的固有频率可以由驻波中节点的数量测量得到，那么波的传播速度就可由这个数据计算出来。

所需仪器

数量	描述	型号
1	振动弹簧组件	U56003
1	绳波组件	U85560081
1	振动发生器	U56001
1	函数发生器 FG 100 (230 V, 50/60 Hz)	U8533600-230 或
	函数发生器 FG 100 (115 V, 50/60 Hz)	U8533600-115
1	精密的测力计, 2 N	U20033
1	口袋卷尺, 2 m	U10073
1	1套安全实验导线, 75 cm, 红/蓝	U13816

基本原理

列举一些例子表明机械波如何形成的，比如被拉伸的弹簧形成的纵波和拉紧的绳索产生的横波。无论哪种情况，如果介质一端固定，驻波即可形成。因为入射波和固定端的反射波具有同样的振幅并互相叠加。如果另一端也固定，波能否传播取决于能否满足共振条件。

假设 $\xi(x,t)$ 为在时刻 t 沿着载体的某一点 x 的横向偏转或纵向偏转，即有如下关系：

$$(1) \quad \xi_1(x,t) = \xi_0 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x)$$

这适用于从介质左端传向右端的正弦波。频率 f 和波长 λ 有如下对应关系：

$$(2) \quad c = f \cdot \lambda$$

c : 波的传播速度

对于这样一个从左边传向右边的波，会在固定点 $x = 0$ 被反射，而反射波即是从右边往左边传播：

$$(3) \quad \xi_2(x,t) = -\xi_0 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x)$$

这两个波叠加形成驻波：

$$(4) \quad \xi(x,t) = 2\xi_0 \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) \cdot \sin(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x)$$

不管是何种性质的波或介质，这些注意事项都是有效的。

如果另一端也固定在一个位置 $x = L$ 上，那么在时刻 t 如下共振条件就需要被满足：

$$(5) \quad \xi(L,t) = 0 = \sin(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot L)$$

这在波长满足下面条件时适用

$$(6a) \quad \frac{2\pi}{\lambda_n} \cdot L = (n+1) \cdot \pi, \quad \lambda_n = 2 \cdot \frac{L}{n+1}$$

或 $L = (n+1) \cdot \frac{\lambda_n}{2}$

根据公式 (2)，频率按如下公式计算 (2)

$$(6b) \quad f_n = (n+1) \cdot \frac{c}{2 \cdot L}$$

只有在长度是半波长的整数倍时共振条件才满足。共振频率必须对应这个波长，在这种情况下， n 是振动节点数量。如果基本振荡中只有一个波腹那么 n 就为零(如图2)。

在这个实验中，介质可以是固定一端的弹簧或者绳索。另一端是连接到振动发生器或者距离固定点长度为 L 的位置。实验利用函数发生器产生振幅较小频率 f 可变的振荡，且这一端也可被看成是一个充分逼近的固定点。

评价

如果以节点数为x轴共振频率为y轴作图，那么这些点都位于一条经过原点的直线上。

$$\alpha = \frac{c}{2 \cdot L}$$

因此，只要知道长度 L ，即可计算波长的传播速度 c 。如果其他参数都是一样的，那波速取决于张力 F ，如图5所示的沿着绳子的波。

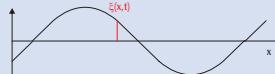


图1: 局部偏转定义示意图

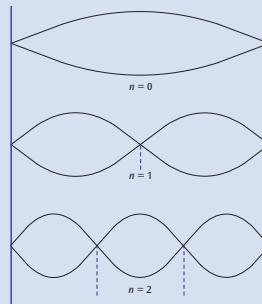


图2: 驻波

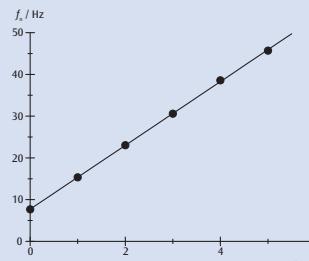


图3: 螺旋弹簧形成的波的共振频率与节点数量函数关系

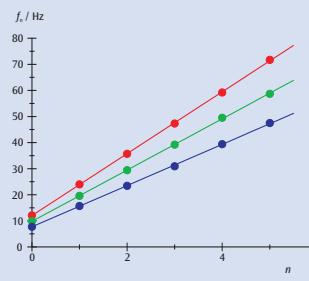


图4: 沿着绳索形成的波的共振频率是与节点数量函数关系

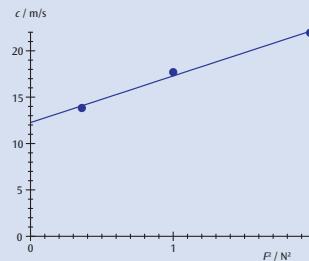


图5: 沿着绳索形成的波的波速 c 与 F^2 的函数关系