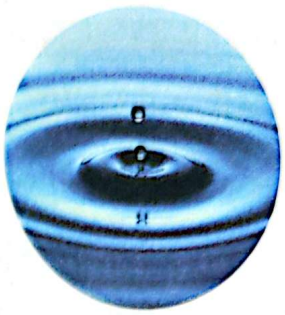
2 波的描述

问题

观察水波，可以看出波在空间、时间上具有周期性，我们能否用图像的方法来描述一列波呢？如果能，坐标轴表示的是什么物理量？



过去我们研究的是单个质点的运动情况，用x–t图像可以很方便地描述质点在任意时刻的位移。而波却是很多质点的运动，在同一时刻各个质点的位移都不尽相同，不方便用x–t图像来描述。能否用其他的图像来描述波呢？我们以横波为例研究波的图像。

波的图像

图3.2–1是根据一张绳上横波的照片画出的图，记录了绳上各质点在该时刻的具体位置。如果建立直角坐标系，把该时刻绳上各质点的具体位置反映在坐标系中，就可以得到这一时刻绳子上波的图像。



图3.2–1 绳上的横波

在图3.2–2中，用横坐标x表示在波的传播方向上绳中各质点的平衡位置，纵坐标y表示某一时刻绳中各质点偏离平衡位置的位移。我们规定，位移向上时y取正值，向下时y取负值。

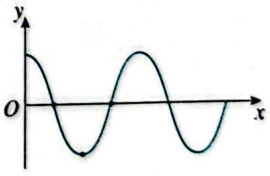


图3.2–2 横波的图像

把平衡时位于$x_1, x_2, x_3, \cdots$的质点的位移$y_1, y_2, y_3, \cdots$画在Oxy坐标平面内，得到一系列坐标为(x_1, y_1)，(x_2, y_2)，(x_3, y_3)，$\cdots$的点，这些点的集合就是这一时刻波的图像。波的图像有时也称波形图。

如果波的图像是正弦曲线，这样的波叫作正弦波，也叫**简谐波**（simple harmonic wave）。可以证明，介质中有正

CS 扫描全能王
3亿人都在用的扫描App

弦波传播时，介质的质点在做简谐运动。

▶ 我们可以形象地说：波的图像是“照相式”的，而振动图像是“录像式”的。

简谐波的波形图与质点的振动图像都是正弦曲线，但它们的意义是不同的。波形图表示介质中的“各个质点”在“某一时刻”的位移，振动图像则表示介质中“某一质点”在“各个时刻”的位移。

波长、频率和波速

在上节图3.1-2中，从$t=0$到$t=T$这段时间里，由质点P_0发出的振动传到质点P_8，使质点P_8开始振动。这时质点P_0恰好结束了一次全振动而开始下一次全振动，此后质点P_0和质点P_8的振动步调完全一致。也就是说，这两个质点振动的相位相同，它们在任何时刻相对平衡位置的位移的大小和方向总是相同的。同样，质点P_1和P_9、P_2和P_{10}……它们每一对在振动中的相位也总是相同的。

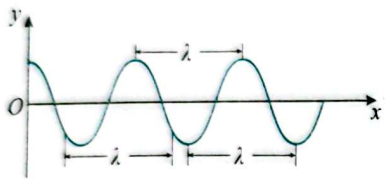


图 3.2-3 波长

在波的传播方向上，振动相位总是相同的两个相邻质点间的距离，叫作**波长**（wavelength），通常用λ表示（图3.2-3）。

在横波中，两个相邻波峰或两个相邻波谷之间的距离等于波长。在纵波中，两个相邻密部或两个相邻疏部之间的距离等于波长。

在波动中，各个质点的振动周期或频率是相同的，它们都等于波源的振动周期或频率，这个周期或频率也叫作波的周期或频率。在图3.1-2中，由质点P_0发出的振动，经过一个周期传到质点P_8，也就是说，经过一个周期T，振动在介质中传播的距离等于一个波长λ，所以机械波在介质中传播的速度为

$$v=\frac{\lambda}{T}$$

而$f=\frac{1}{T}$，所以上式也可以写成

$$v=f\lambda$$

机械波在介质中的传播速度由介质本身的性质决定，在不同的介质中，波速是不同的。声速还与温度有关，表中列出了0 ℃时声波在几种介质中的传播速度。

表 0 ℃时几种介质中的声速

介质	声速 /（m·s^{-1}）
空气	332
水	1 450
铜	3 800
铁	4 900
玻璃	5 000～6 000
松木	约 3 320
软木	430～530
橡胶	30～50

CS 扫描全能王
3亿人都在用的扫描App

思考与讨论

图3.2-4中实线为$t=0$时刻的波形图，虚线为$t=0.1\,s$时刻的波形图。据此能否判定波的传播方向？

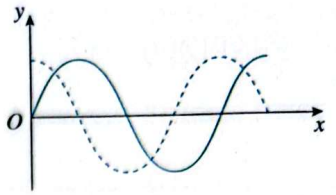


图 3.2-4　不同时刻的波形图

【例题】

图3.2-5中的实线是一列正弦波在某一时刻的波形图。经过0.5 s后，其波形如图中虚线所示。设该波的周期T大于0.5 s。

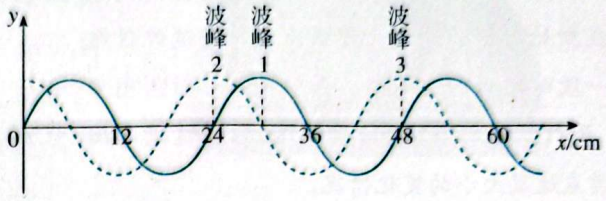


图 3.2-5

（1）如果波是向左传播的，波的速度是多大？波的周期是多大？

（2）如果波是向右传播的，波的速度是多大？波的周期是多大？

分析　这列波的周期大于0.5 s，所以经过0.5 s的时间，这列波传播的距离不可能大于一个波长λ。当波向左传播时，图中的波峰1只能到达波峰2，而不可能向左到达更远的波峰。当波向右传播时，图中的波峰1只能到达波峰3，而不可能向右到达更远的波峰。

已知波传播的时间$t=0.5\,s$，由图可以知道波的传播距离Δx，由公式$v=\frac{\Delta x}{t}$就能够求出波的传播速度v。

由图又可以知道波长λ，由公式$v=\frac{\lambda}{T}$就能够求出周期T。

解　（1）如果波是向左传播的，从图3.2-5看出，虚线所示的波形相当于实线所示的波形向左移动了6 cm（$\frac{1}{4}$个波长），由此可求出波速的大小

$$v=\frac{\Delta x}{t}=\frac{0.06}{0.5}\,m/s=0.12\,m/s$$

波的周期为

$$T=\frac{\lambda}{v}=\frac{0.24}{0.12}\,s=2.0\,s$$

（2）如果波是向右传播的，从图3.2-5看出，虚线所示的波形相当于实线所示的波形向右移动了18 cm（$\frac{3}{4}$个波长），由此可以求出波速的大小

$$v=\frac{\Delta x}{t}=\frac{0.18}{0.5}\,m/s=0.36\,m/s$$

CS 扫描全能王
3亿人都在用的扫描App