



第十章 波動

10-1 机械波的几个概念

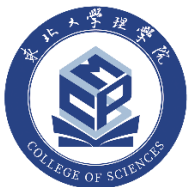
10-2 平面简谐波的波函数

10-3 波的能量、能流密度

10-4 惠更斯原理、波的衍射和干涉

10-5 驻波

10-6、10-7、10-8 (了解, 不要求)



第十章 波动

10-1 机械波的几个概念

知识点:

掌握: 波动的特征量及其之间的关系

1、振动（相位）在空间的传播过程叫做**波动**

2、常见的波有两大类：

1) **机械波**（机械振动的传播）

2) **电磁波**（交变电场磁场的传播）

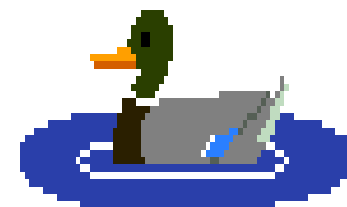
此外，在微观领域中还有**物质波**。

3、各种波的本质不同，
但其基本传播规律有许多相同之处。

声波



水波



波动的共同特征

反射

折射

干涉

衍射

一、机械波的形成

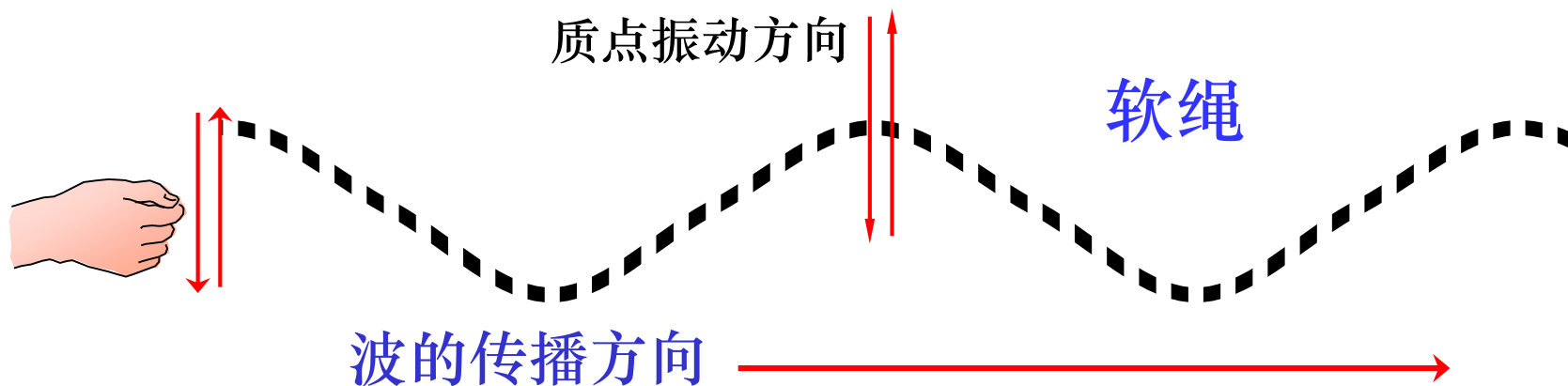
1、机械波 Mechanical Wave

机械振动在媒质中的传播过程

2、波源：作机械振动的物体

3、产生条件：波源、媒质

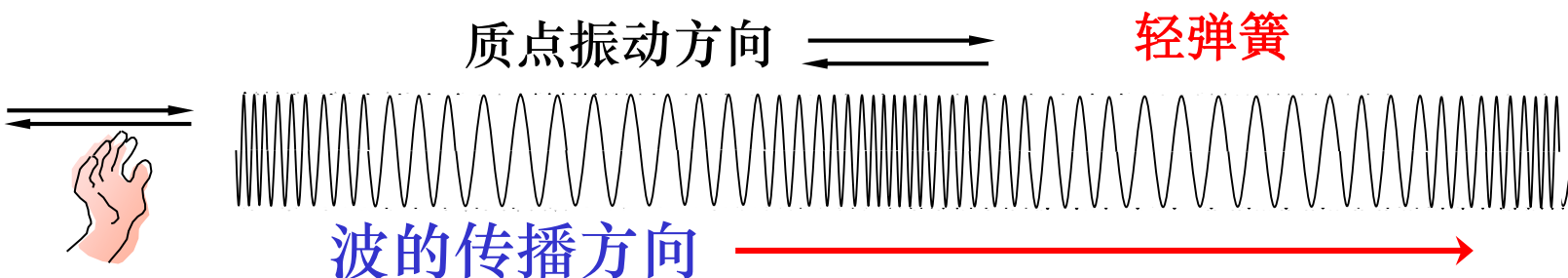
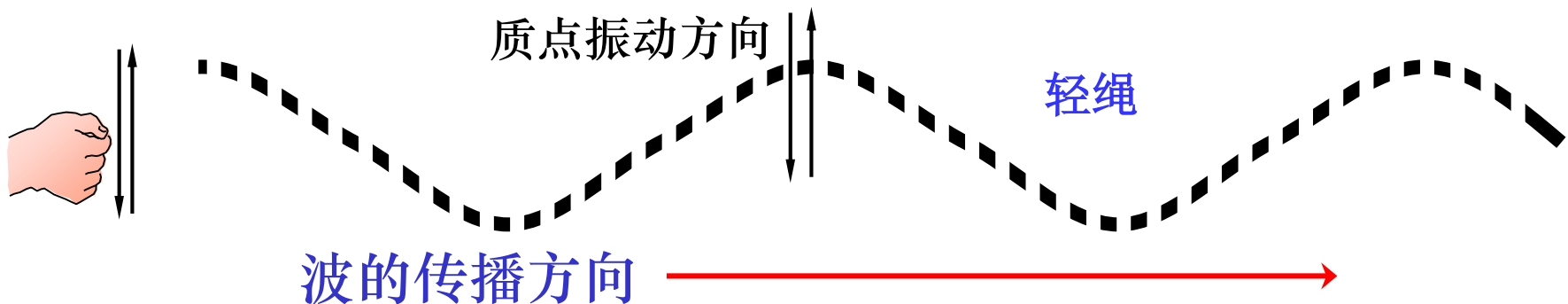
4、波是振动状态（相位）的传播，媒质中质点并不随波传播



二、横波与纵波 Transverse Wave and Longitudinal Wave

1、横波：质点的振动方向与波的传播方向垂直

2、纵波：质点的振动方向与波的传播方向平行



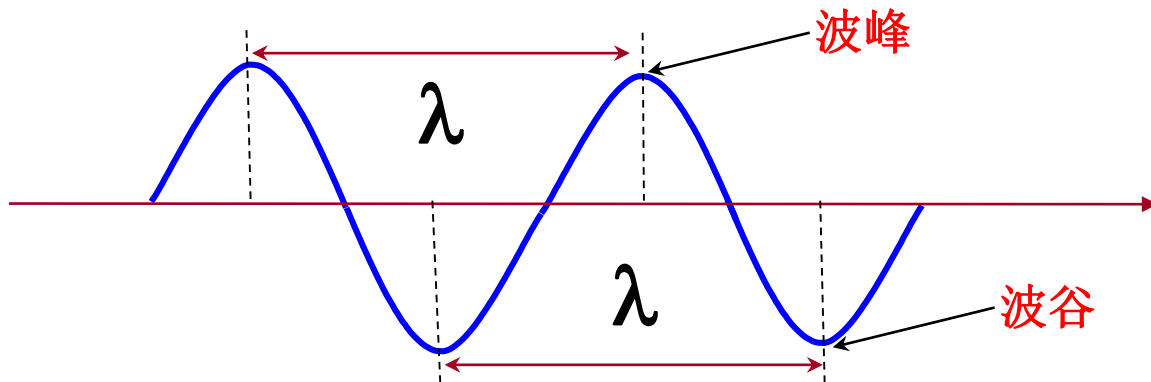
在机械波中，一般情况下，横波只能在固体中出现；纵波可在气体、液体和固体中出现；如空气中的声波是纵波。
液体表面的波动情况较复杂，不是单纯的纵波或横波。

三、波的特征量

1、波 长 λ :

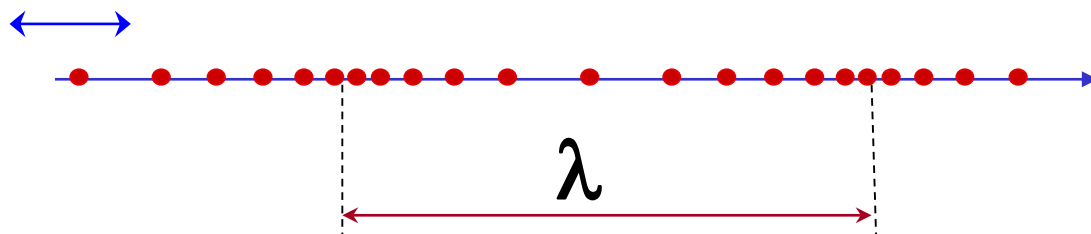
沿波的传播方向，两个相邻的、相位差为 2π 的振动质点之间的距离，即一个完整波形的长度。

• 横 波



横 波：相邻 波峰——波峰，波谷——波谷

• 纵 波



纵 波：相邻 波疏(中心)——波疏(中心)，
波密(中心)——波密(中心)

三、波的特征量

2、周期 T ：波传播一个波长的距离所需时间
或一完整波通过波线上某点所需的时间

3、波的频率 ν ：

单位时间内波动所传播的完整波的数目，
即周期的倒数。

通常： 波的频率 = 波源的振动频率

圆(角)频率 ω ：

$$\nu = \frac{1}{T}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

三、波的特征量

4、波速 u ：单位时间内，波所传播的距离
波速 u 又称相速度（相位传播速度）

$$u = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu$$

周期 T 代表了时间周期性。

波长 λ 代表了空间周期性。

波速决定于介质的弹性（弹性模量）和惯性（质量密度）

特征量的联系：

$$\nu = \frac{1}{T}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu, \quad u = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu, \quad \lambda = \frac{u}{\nu} = Tu$$

三、波的特征量

理论和实验证明：（了解）

固体

$$\left\{ \begin{array}{l} u = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \\ u = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \end{array} \right.$$

横波

纵波

液、气体

$$u = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

纵波

G 切变模量
 ρ 介质密度
 E 弹性模量
 K 体积模量

波速由介质决定，但波的频率是波源振动频率，与介质无关。

一列单一频率的波进入不同介质时，频率不变，波速和波长将随介质的不同而不同。

三、波的特征量

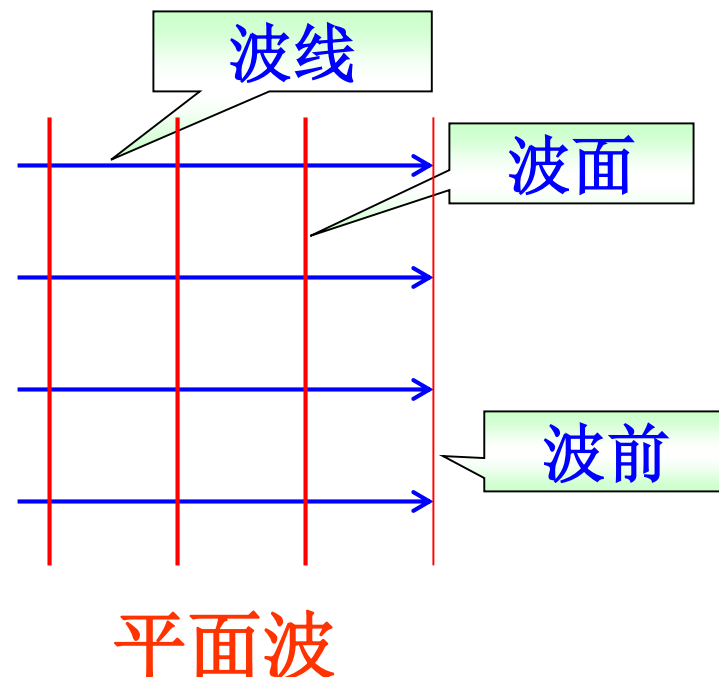
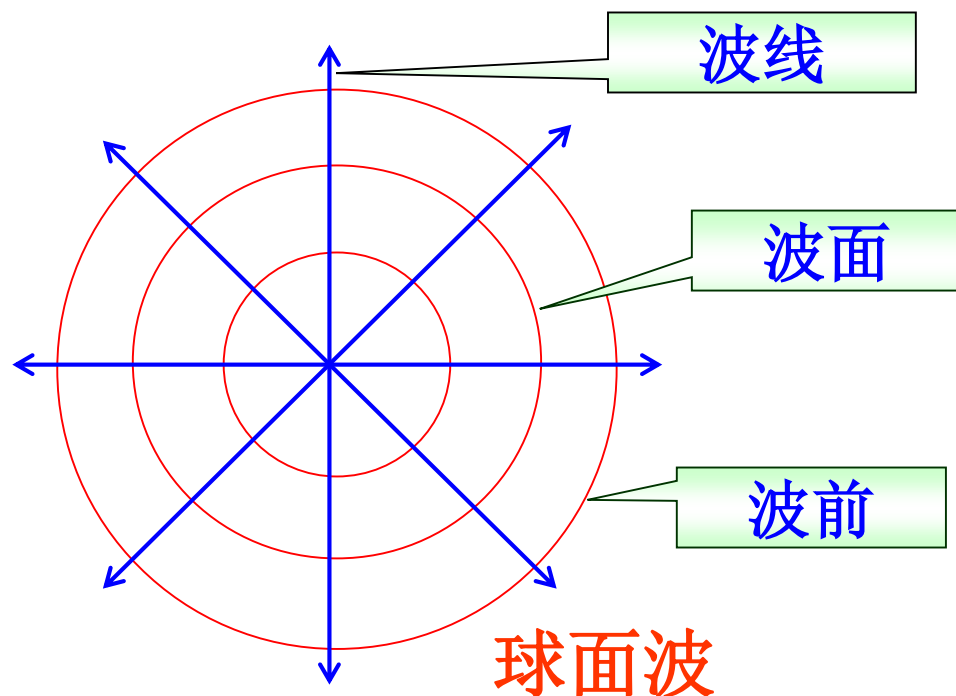
例：一声波从墙壁向空气中传播时，
频率不变，波速变小，波长变小。

四、波的几何描述

1、波面(同相面): 振动相位相同的各点所构成的曲面

波前(波阵面): t 时刻最前面的波面

2、波线(波射线): 表示波传播方向的有向线段



四、波的几何描述

1、波面(同相面): 振动相位相同的各点所构成的曲面

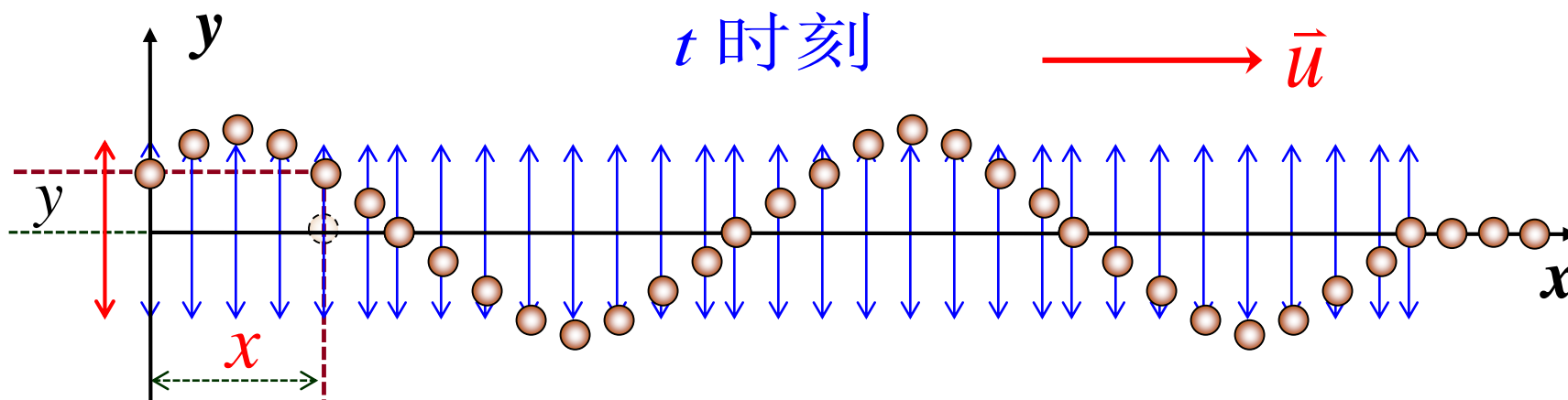
波前(波阵面): t 时刻最前面的波面

2、波线(波射线): 表示波的传播方向的有向线段

性质:

- 1) 同一波面上各点振动状态 (相位) 相同;
- 2) 波阵面的推进即为波的传播;
- 3) 各向同性介质中, 波线垂直于波面。

五、波形曲线（波形图）



介质中，任一质点（平衡位置坐标为 x ）相对其平衡位置的位移（坐标为 y ）随时间 t 的变化关系：

波动方程（波函数）：

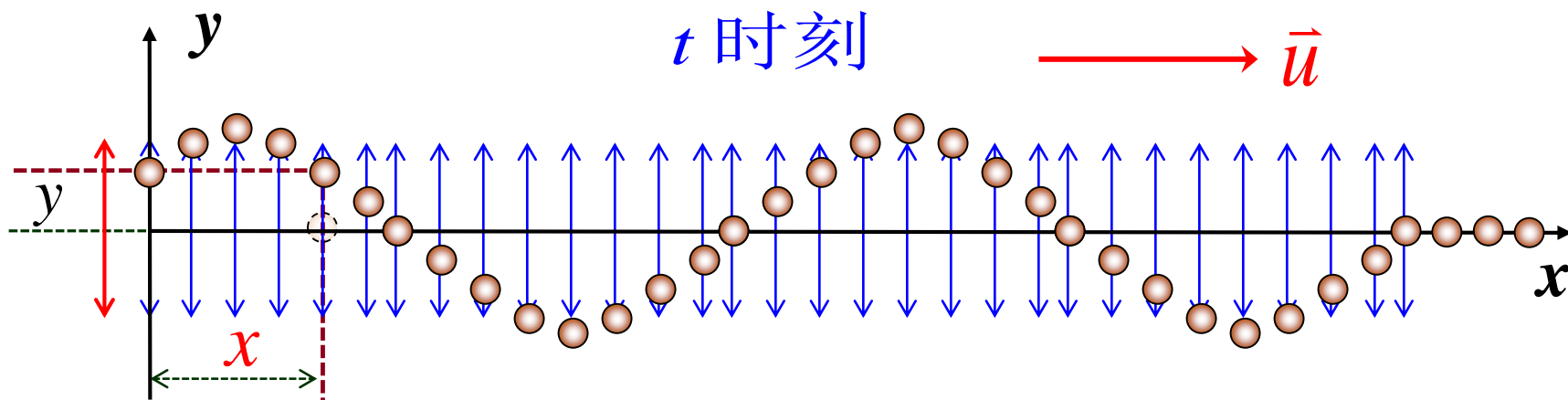
Wave Function

$$y = y(x, t)$$

各质点相对平衡位置的位移

波线上各质点平衡位置

五、波形曲线（波形图）



介质中，任一质点（平衡位置坐标为 x ）相对其平衡位置的位移（坐标为 y ）随时间 t 的变化关系：

波动方程（波函数）：

Wave Function

$$y = y(x, t)$$

- ◆ 不同时刻对应有不同的波形曲线；
- ◆ 每过一个周期，波形向前传播一个波长的距离；
- ◆ 波形曲线即能反映横波，也能反映纵波。