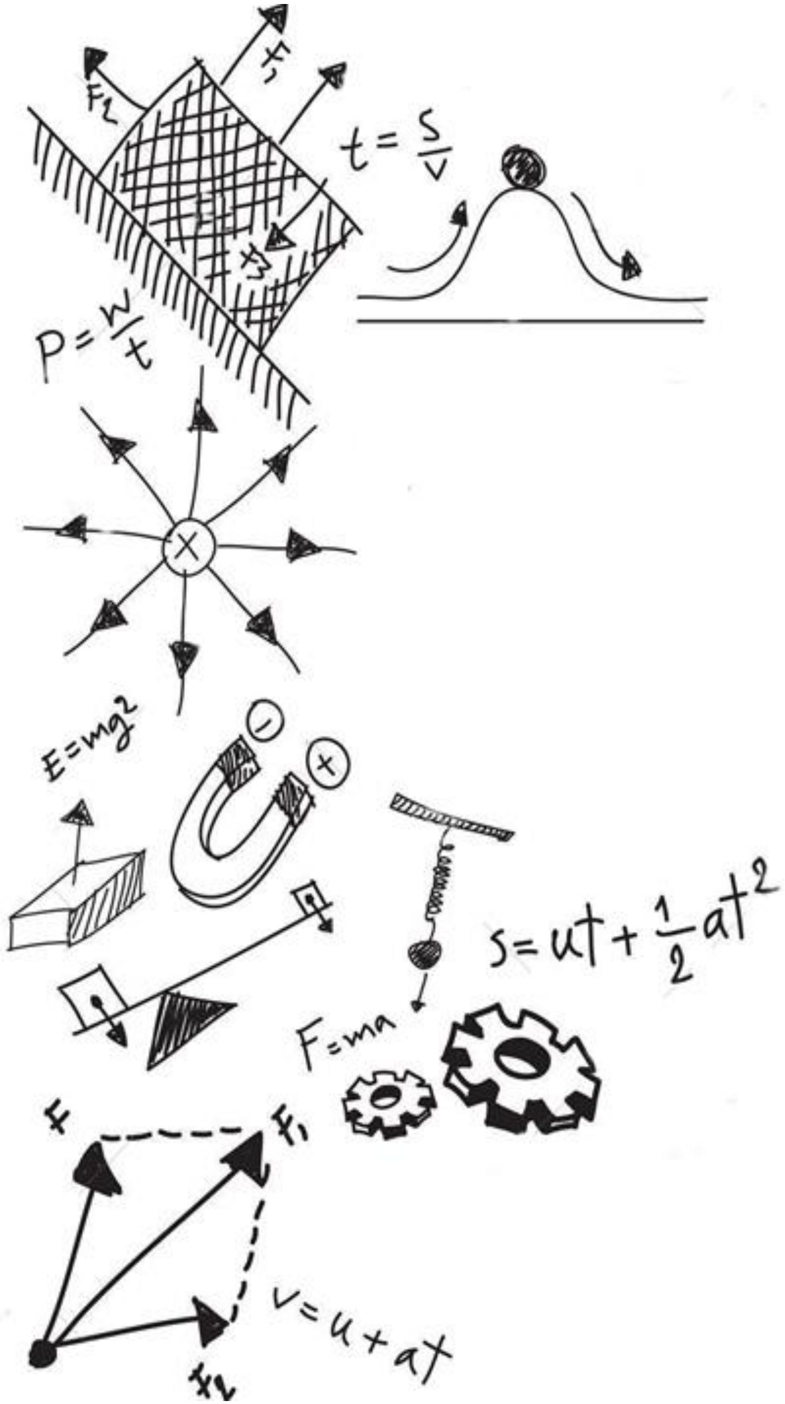

$t=\frac{s}{v}$
$P=\frac{w}{t}$
$E=mg^2$
$s=ut+\frac{1}{2}at^2$
$F=ma$
$v=u+at$

平面简谐波


$PE=mgh$
$W=F\times S$
$S_x=V_xt$
$S=\left(\frac{u+v}{2}\right)t$
$PE=m\times g\times h$
$t=\frac{s}{v}$

一、平面简谐波的波函数

介质中任一质点（坐标为 x）相对其平衡位置的位移（坐标为 y）随时间的变化关系，即 $y(x,t)$ 称为**波函数**.

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

各质点相对平衡位置的**位移**

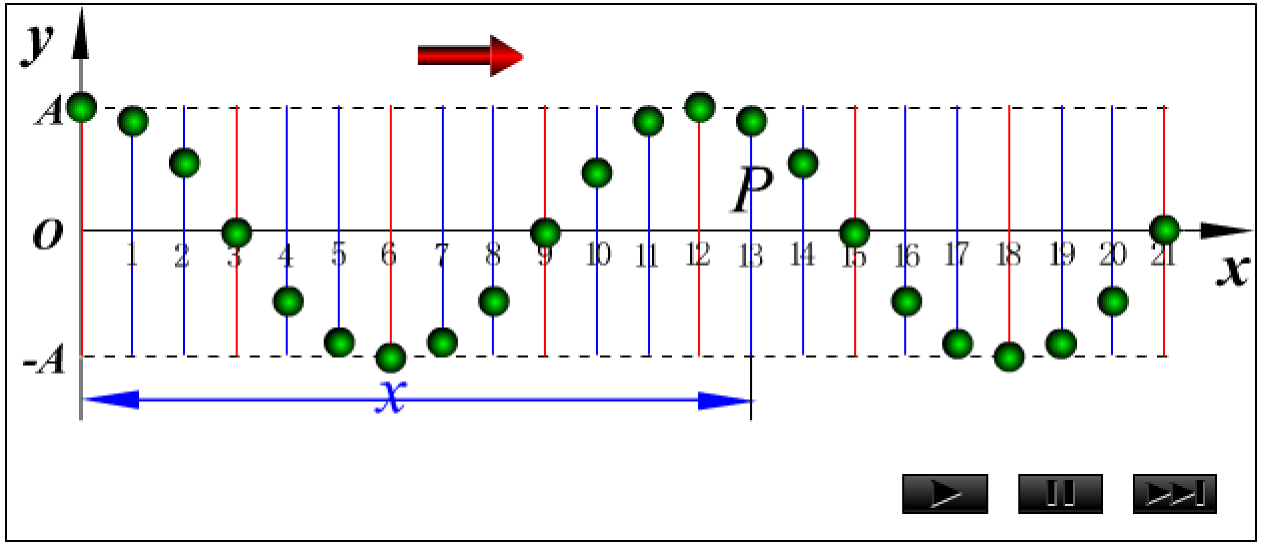
波线上各质点位置

- **简谐波**：在均匀的、无吸收的介质中，**波源作简谐运动**时，在介质中所形成的波.
- **平面简谐波**：波面为平面的简谐波.

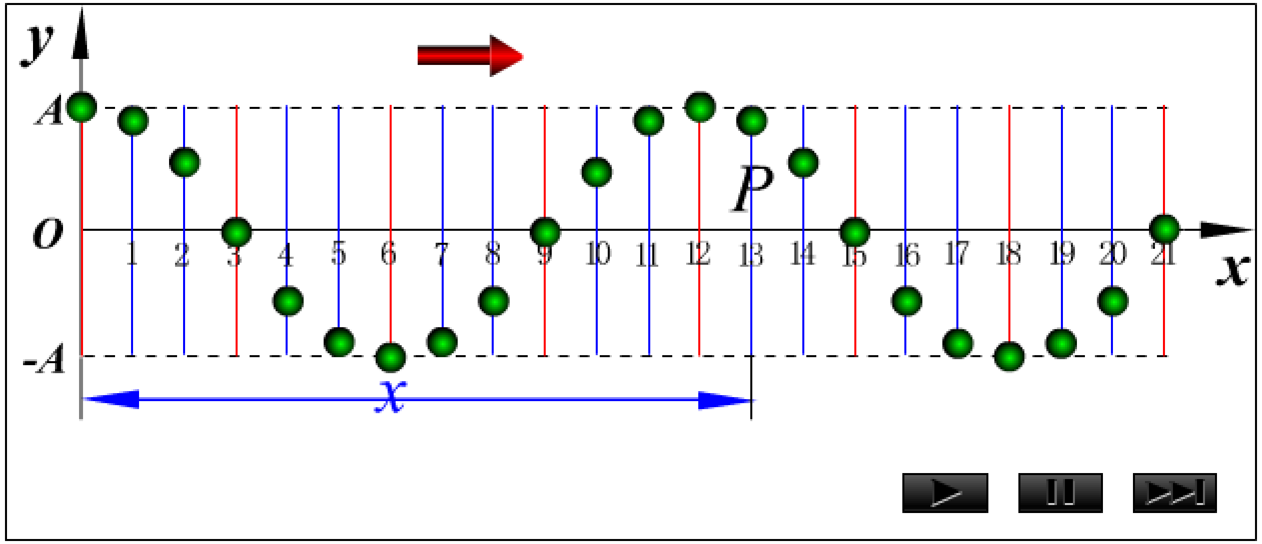
（1）讨论

以速度u 沿x 轴正向传播的平面简谐波．令原点其振动方程

$$y_O = A\cos(\omega t + \varphi_0)$$



想要解决的问题：距离O为x的P点波函数？



（2）方法一：时间推迟方法

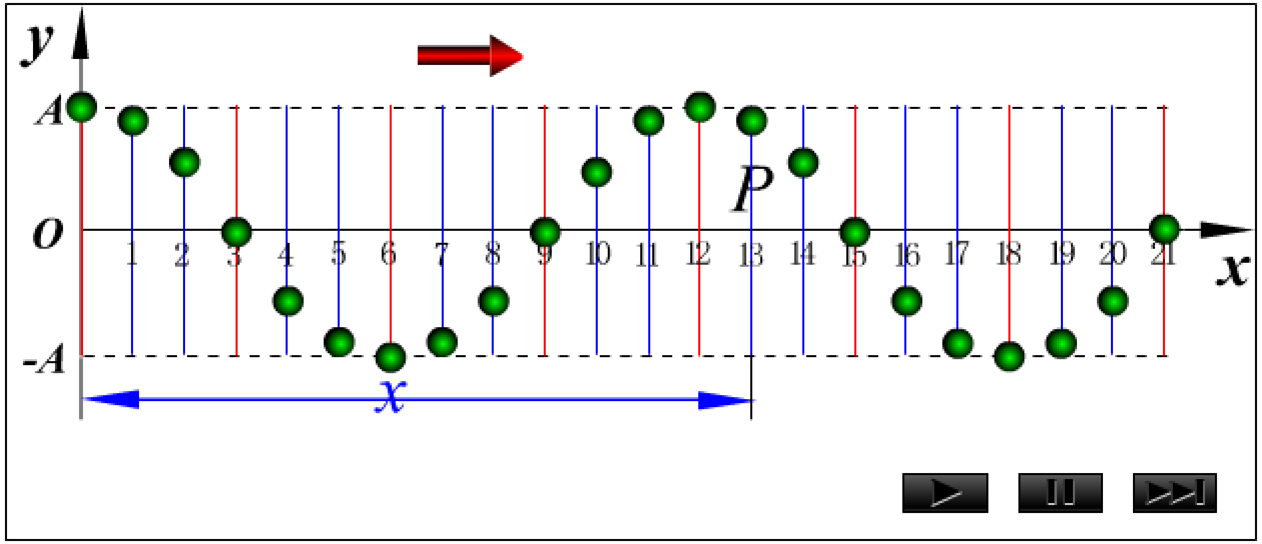
$$\Delta t = \frac{x}{u}$$

$$y_O = A\cos(\omega t + \varphi_0)$$ 点 P

$t - \dfrac{x}{u}$ 时刻点 O 的运动 $=$ t 时刻点 P 的运动

因此，点 P 振动方程

$$y_P = A\cos\left[\omega\left(t + \frac{x}{u}\right) + \varphi_0\right]$$



$\lambda \rightarrow 2\pi$

$x \rightarrow ?$

（3）方法二：相位落后法

两步走：先正负，后大小

$$y_O = A\cos(\omega t + \varphi_0)$$

P 点比 *O* 点落后 相位

$$\Delta\varphi = \varphi_p - \varphi_O = -2\pi\frac{x}{\lambda} = -\omega\frac{x}{u}$$

点 *P* 振动方程

φ_p x x x

$$y_p = A\cos(\omega t + \varphi_0 \boxed{-\frac{2\pi x}{\lambda}}) = A\cos(\omega(t \boxed{-\frac{x}{u}}) + \varphi_0)$$

（4）小结

方法一：时间推迟方法　　**方法二：相位落后法**

波函数

u 沿 x 轴**正**向

$$y_p = A\cos(\omega t + \varphi_0 \boxed{-} \frac{2\pi x}{\lambda}) = A\cos(\omega(t \boxed{-} \frac{x}{u}) + \varphi_0)$$

u 沿 x 轴**负**向

$$y_p = A\cos(\omega t + \varphi_0 \boxed{+} \frac{2\pi x}{\lambda}) = A\cos(\omega(t \boxed{+} \frac{x}{u}) + \varphi_0)$$

二、波函数的物理意义

$$y = A\cos[\omega(t-\frac{x}{u})+\varphi] = A\cos[2\pi(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda})+\varphi]$$

（1）当 x 固定时，则y仅为时间的函数，表示该质点在不同时刻的位移，即 波函数表示该点的简谐运动方程，并给出该点与点 O 振动的相位差.

$$\Delta\varphi = -\omega\frac{x}{u} = -2\pi\frac{x}{\lambda}$$

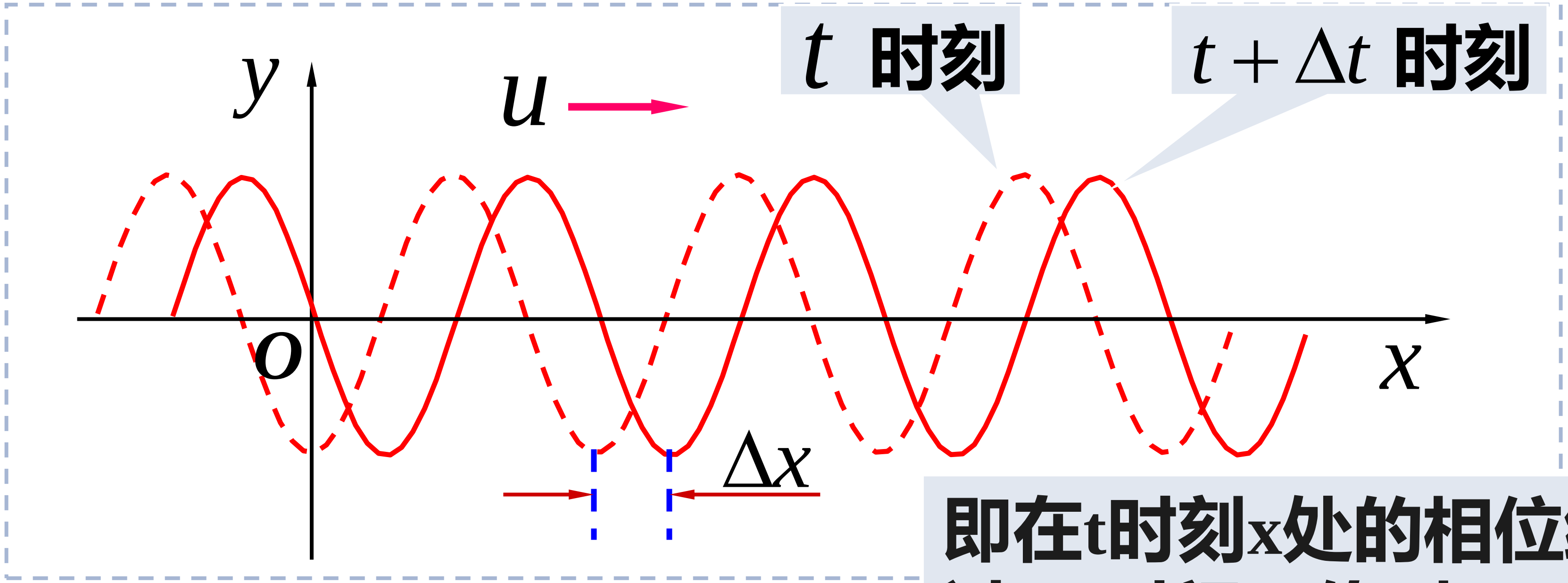
$y(x,t) = y(x,t+T)$（波具有时间的周期性）

$$y=A\cos[\omega(t-\frac{x}{u})+\varphi]=A\cos[2\pi(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda})+\varphi]$$

（2）当 t 一定时，波函数表示该时刻波线上各点相对其平衡位置的位移，即此刻的波形图.

$$y(x,t)=y(x+\lambda,t)$$ **（波具有空间的周期性）**

（3）若 x, t 均变化，波函数表示波形沿传播方向的运动情况.所有质点位移随时间变化的整体情况。



即在t时刻x处的相位经过 Δt 时间已传到 $x+\Delta x$

$$\varphi(t,x)=\varphi(t+\Delta t, x+\Delta x)$$

$$2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)=2\pi\left(\frac{t+\Delta t}{T}-\frac{x+\Delta x}{\lambda}\right)$$

$$\frac{\Delta t}{T}=\frac{\Delta x}{\lambda} \qquad \Delta x=u\Delta t$$

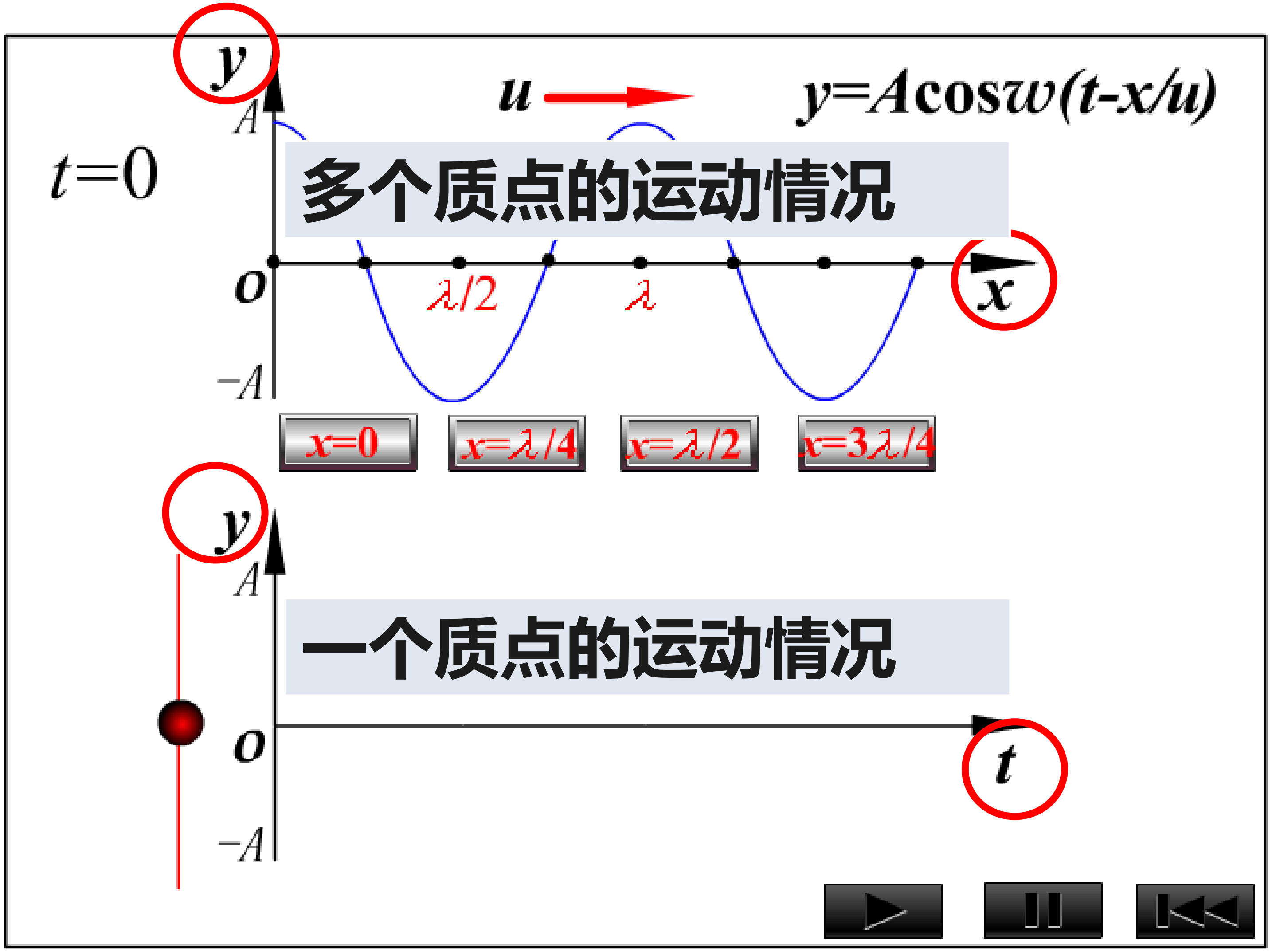
（4）波线上各点的简谐运动图

$\varphi_0 = 0$

波动图像

区别

振动图像

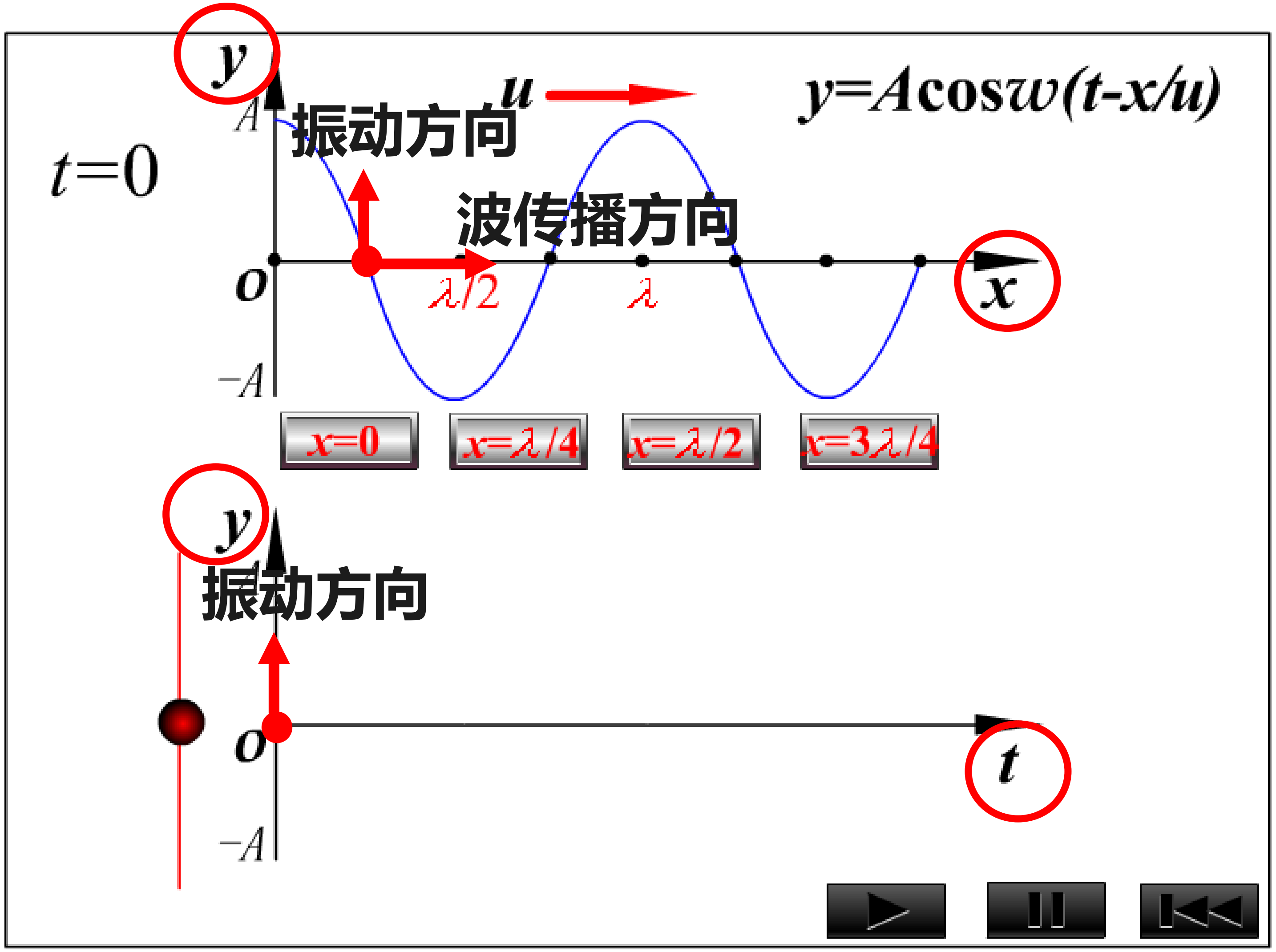


（4）波线上各点的简谐运动图

波动图像

联系

振动图像



（4）波线上各点的简谐运动图

波动图像

联系

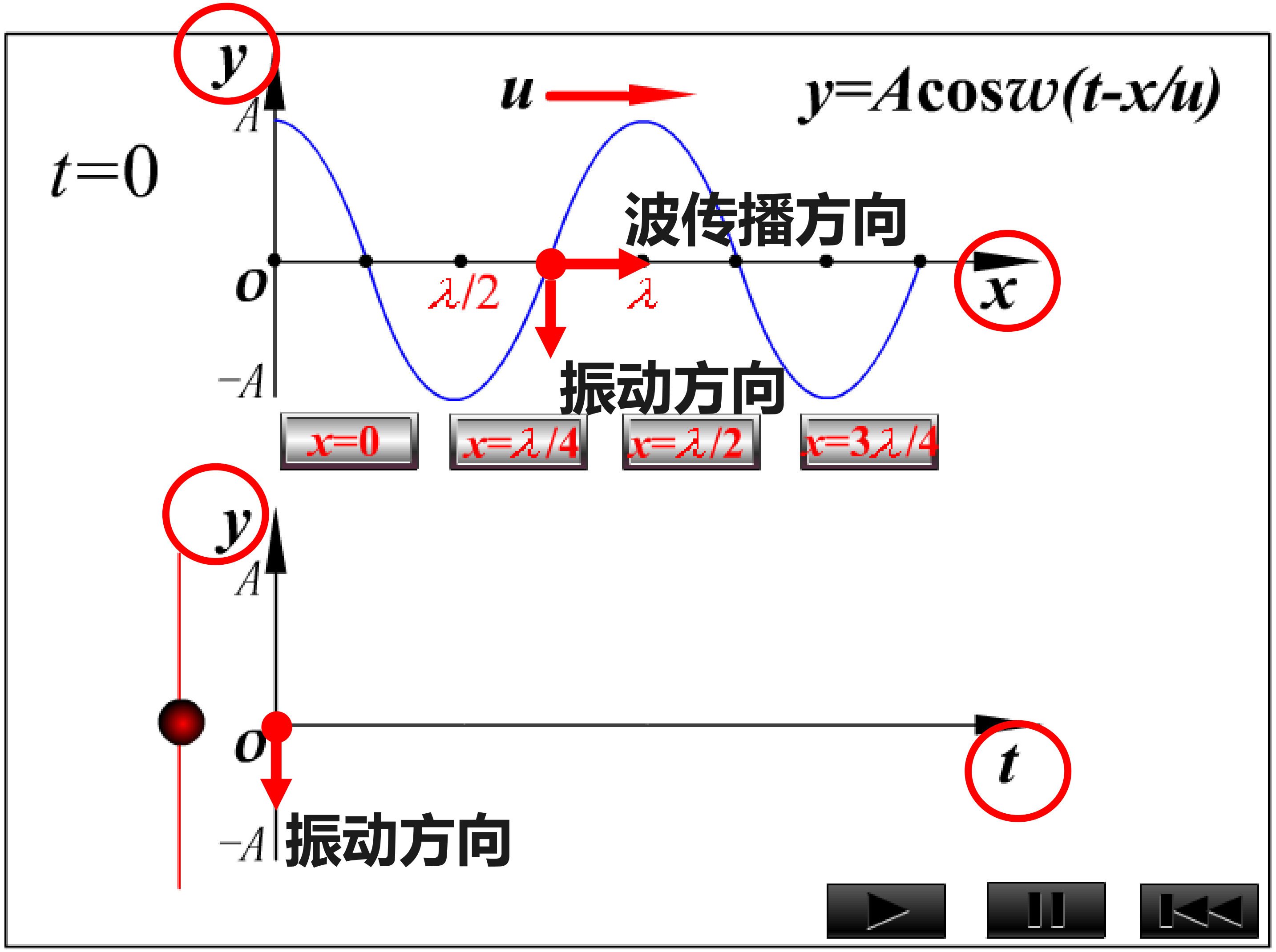
振动图像

（4）波线上各点的简谐运动图

波动图像

联
系

振动图像



（4）波线上各点的简谐运动图

波动图像

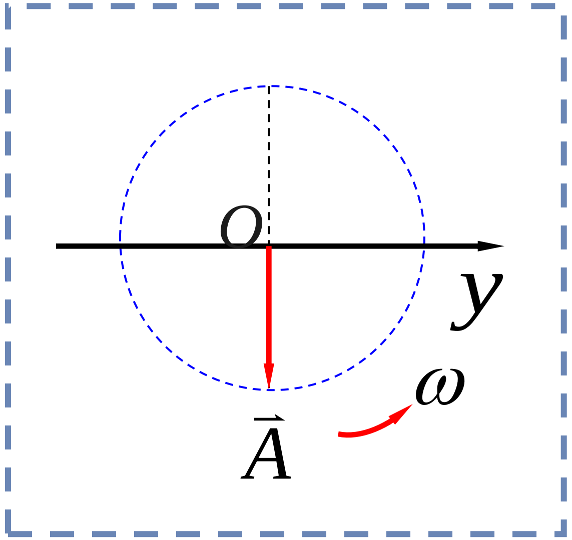
联
系

振动图像

例： 一平面简谐波沿 Ox 轴正方向传播，已知振幅为 $A=1.0\mathrm{m}$ 周期为 $T=2.0\mathrm{s}$，$\lambda=2.0\mathrm{m}$，在 $t=0$ 时坐标原点处的质点位于平衡位置沿 Oy 轴正方向运动，求：

1）波动方程

解 写出波动方程的标准式



$$y=A\cos[2\pi(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda})+\varphi]$$

$$t=0 \quad x=0$$

$$y=0, v=\frac{\partial y}{\partial t}>0$$

$$\varphi=-\frac{\pi}{2}$$

$$y=(1.0\mathrm{m})\cos[2\pi(\frac{t}{2.0\mathrm{s}}-\frac{x}{2.0\mathrm{m}})-\frac{\pi}{2}]$$

2）求 $t=1.0\mathrm{s}$ 波形图.

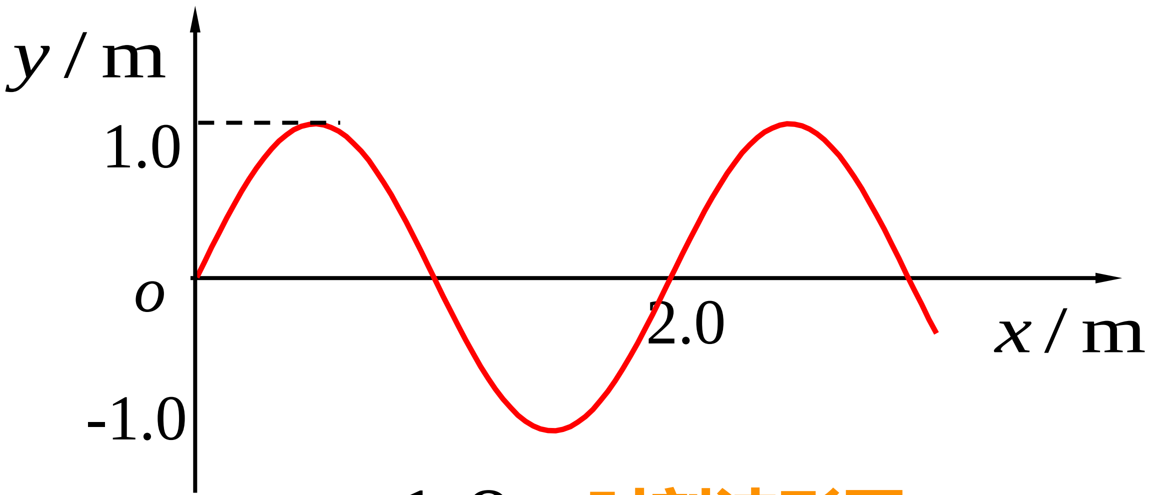
$$y=(1.0\mathrm{m})\cos[2\pi(\frac{t}{2.0\mathrm{s}}-\frac{x}{2.0\mathrm{m}})-\frac{\pi}{2}]$$

$t=1.0\mathrm{s}$

波形方程

$$y=(1.0\mathrm{m})\cos[\frac{\pi}{2}-(\pi\,\mathrm{m}^{-1})x]$$

$$=(1.0\mathrm{m})\sin(\pi\,\mathrm{m}^{-1})x$$



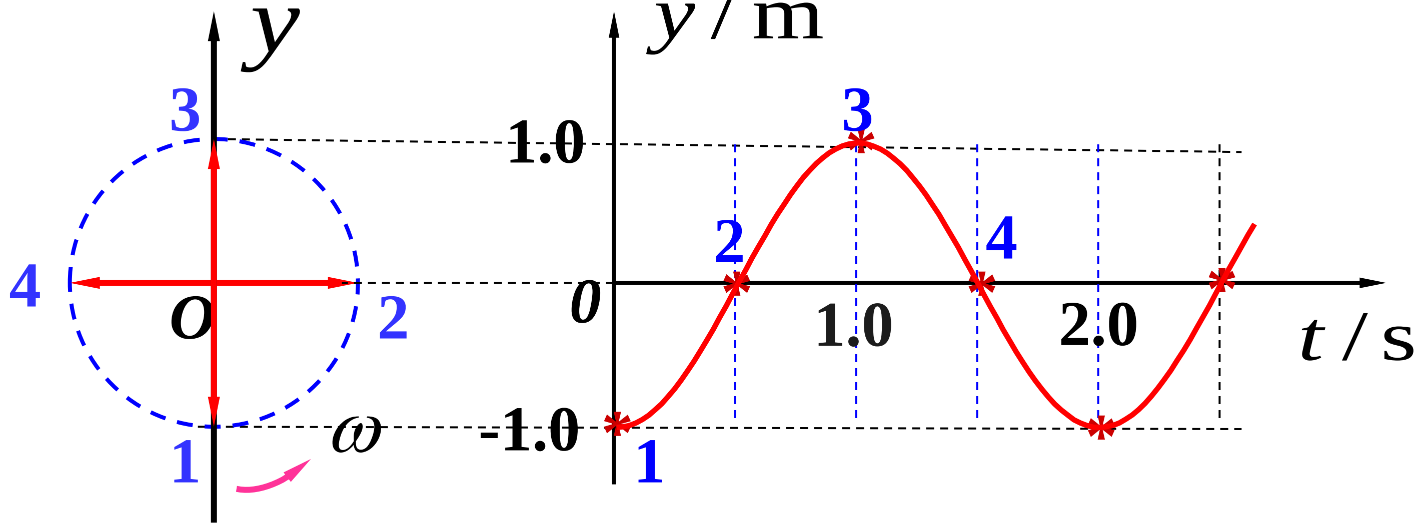
$t=1.0\,\mathrm{s}$ 时刻波形图

3）$x = 0.5\text{m}$ 处质点的振动规律并做图 .

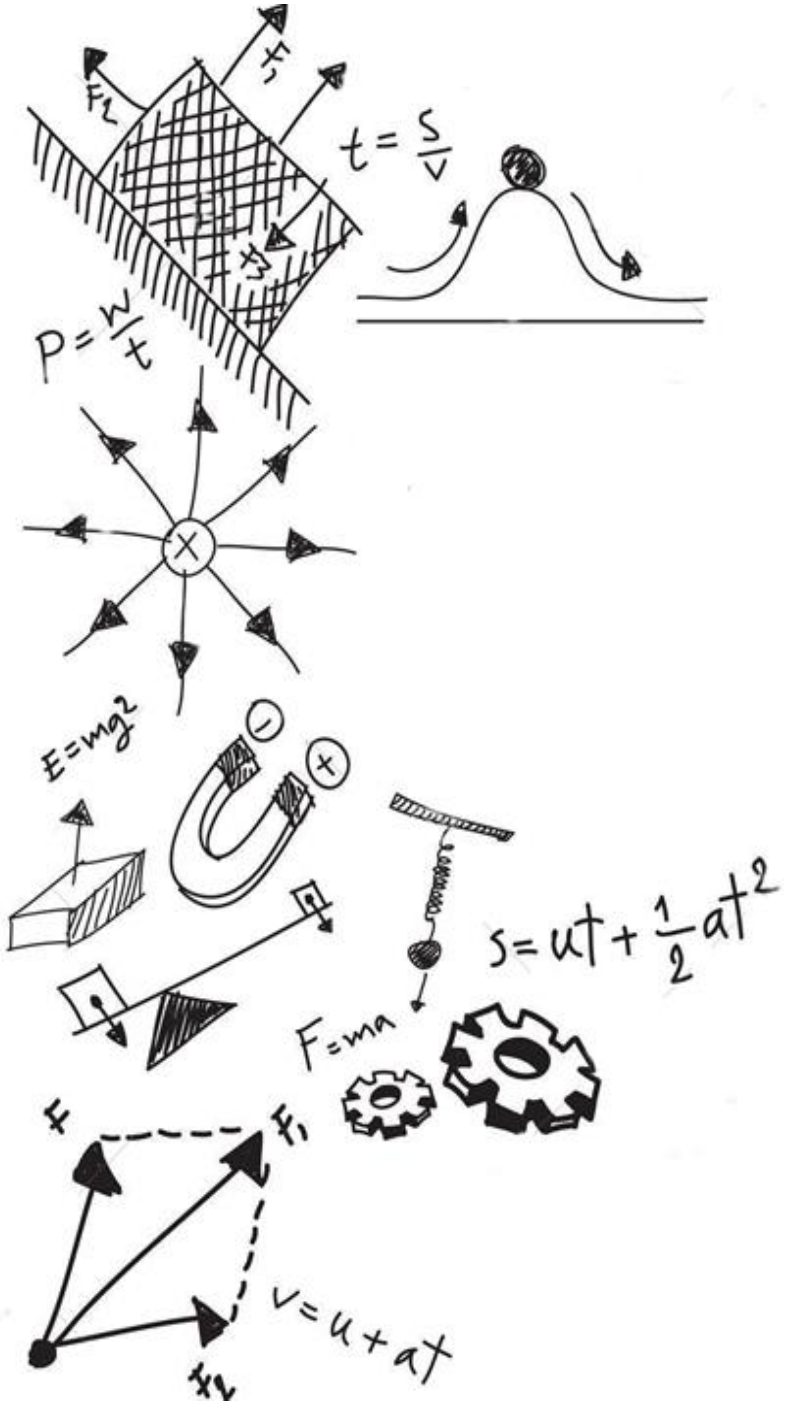
$$y = (1.0\text{m})\cos[2\pi(\frac{t}{2.0\text{s}} - \frac{x}{2.0\text{m}}) - \frac{\pi}{2}]$$

$x = 0.5\text{m}$ **处质点的振动方程**

$$y = (1.0\text{m})\cos[(\pi\,\text{s}^{-1})t - \pi]$$



$x = 0.5\,\text{m}$ 处质点的振动曲线



F1
F2
t = s/v
P = w/t
E=mg2
s=ut+1/2at2
F=ma
F
F1
F2
v=u+at

Thanks!

PE=mgh
W=FxS
Sx=Vxt
S=(u+v/2)t
PE=m×g×h
t=s/v