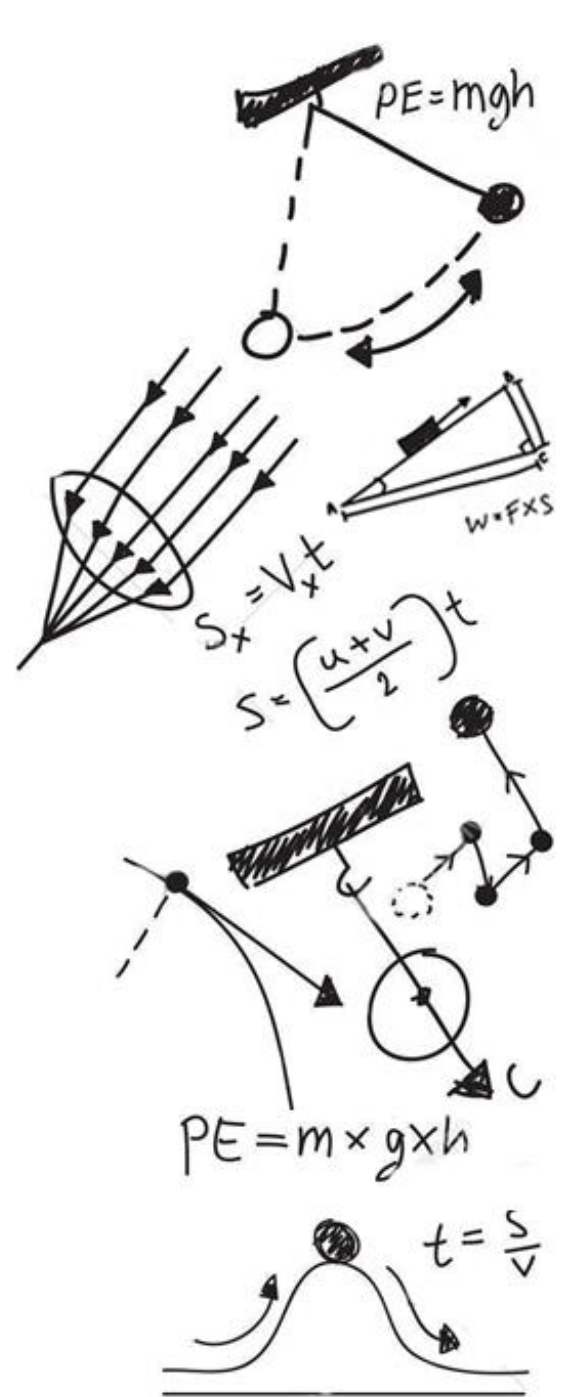


简谐振动





一、机械振动

- ◆ (1) 任一物理量在某一定值附近往复变化均称为**振动**.
- ◆ (2) **机械振动** 物体围绕一固定位置往复运动.

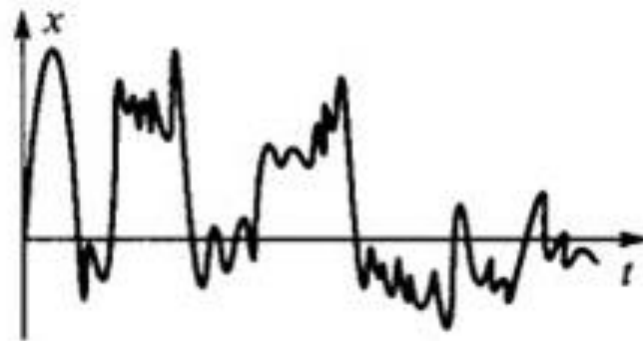
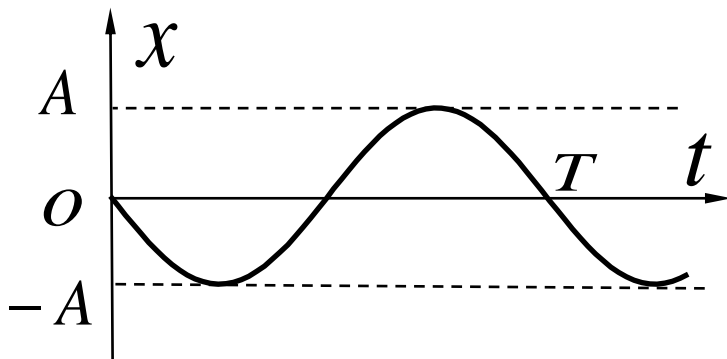
例如一切**发声体**、**心脏**、**海浪起伏**、地震以及晶体中原子的振动等.



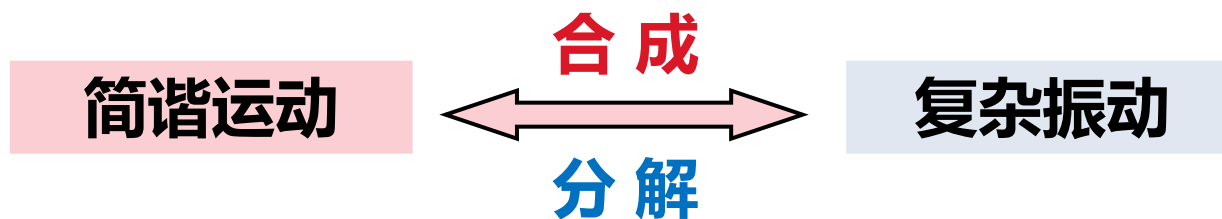


一、机械振动

◆ (3) 机械振动：周期和非周期振动



◆ (4) 简谐运动：最简单、最基本的振动。

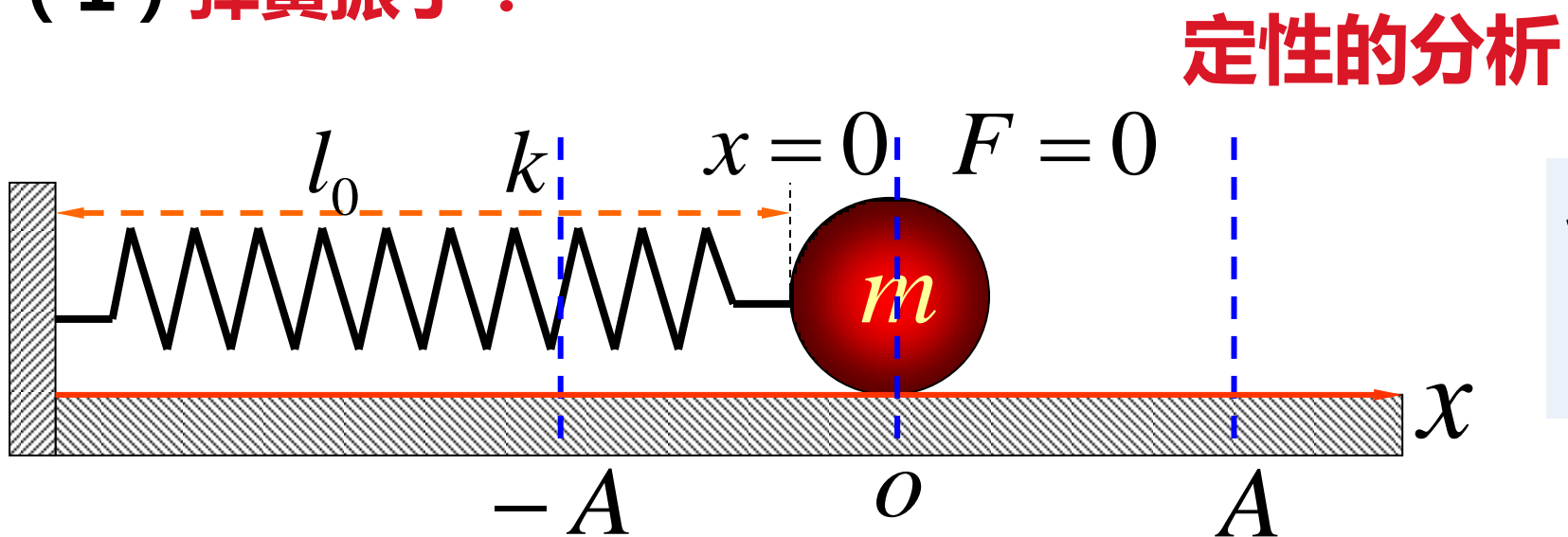


弹簧振子 作简谐运动的物体。

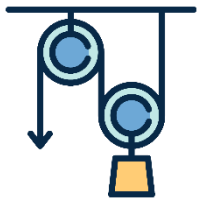


二、简谐振动

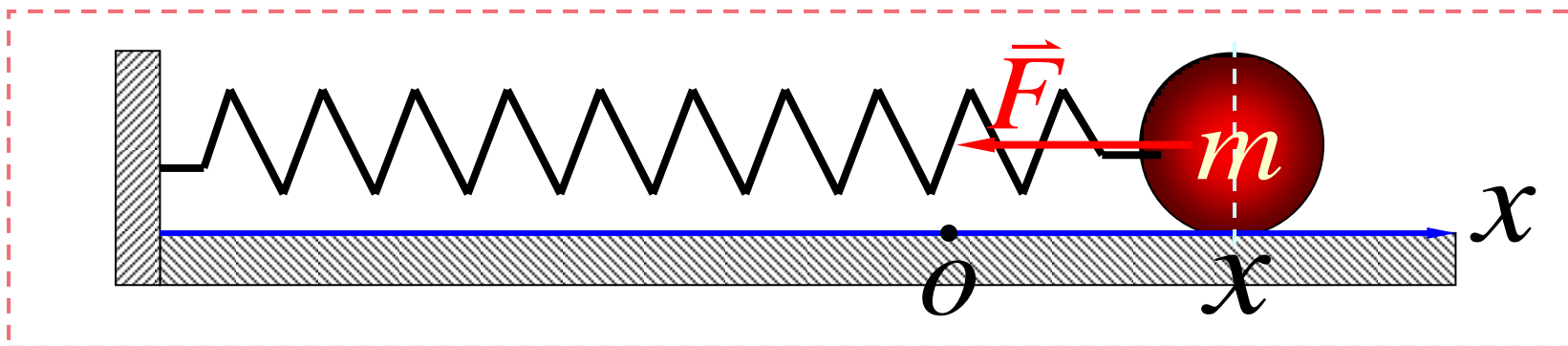
◆ (1) 弹簧振子：



能否给出定量的表达式？



(2) 弹簧振子表达式



受力分析

$$F = ma = -kx$$

$$\text{令 } \omega^2 = \frac{k}{m}$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$

解的表达形式：

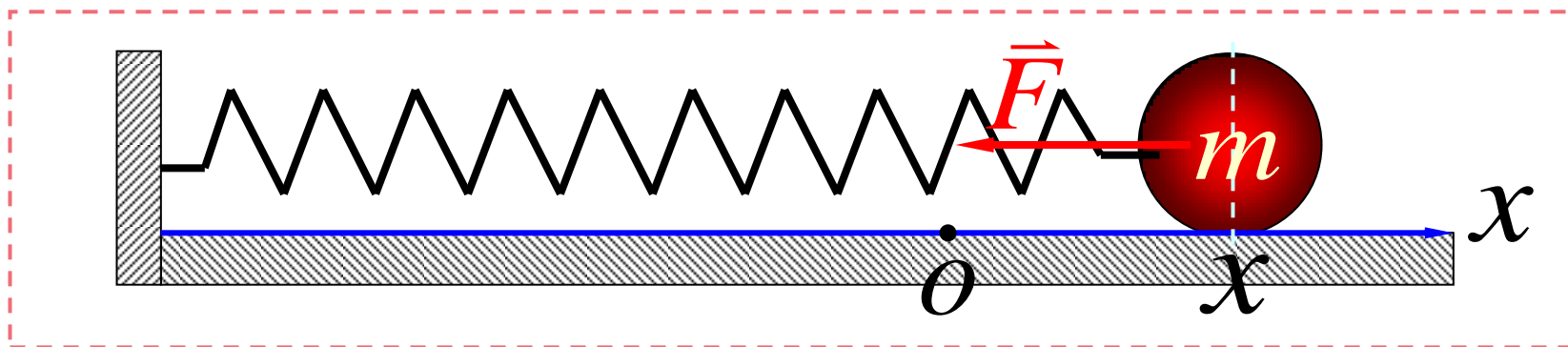
$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

振幅

相位

初相位

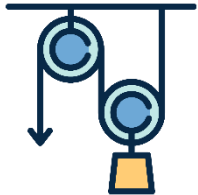
积分常数，根据初始条件确定



位移： $x = A \cos(\omega t + \varphi)$

速度： $v = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi)$

加速度： $a = \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi)$



(3) 简谐振动的特点 :

① 受力 (动力学特征)

$$F = -kx \text{ (线性回复力)}$$

② 动力学方程或微分方程

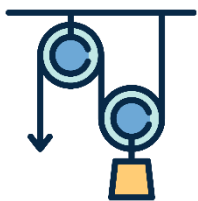
$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$

③ 运动学方程

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

思索和启发：

- 要证明一个物体是否作简谐振动：
- 只要证明上面三个式子中的一个即可；
- 最简单的方法就是受力分析。



反过来，已知振动图像，能不能得到初相位呢？

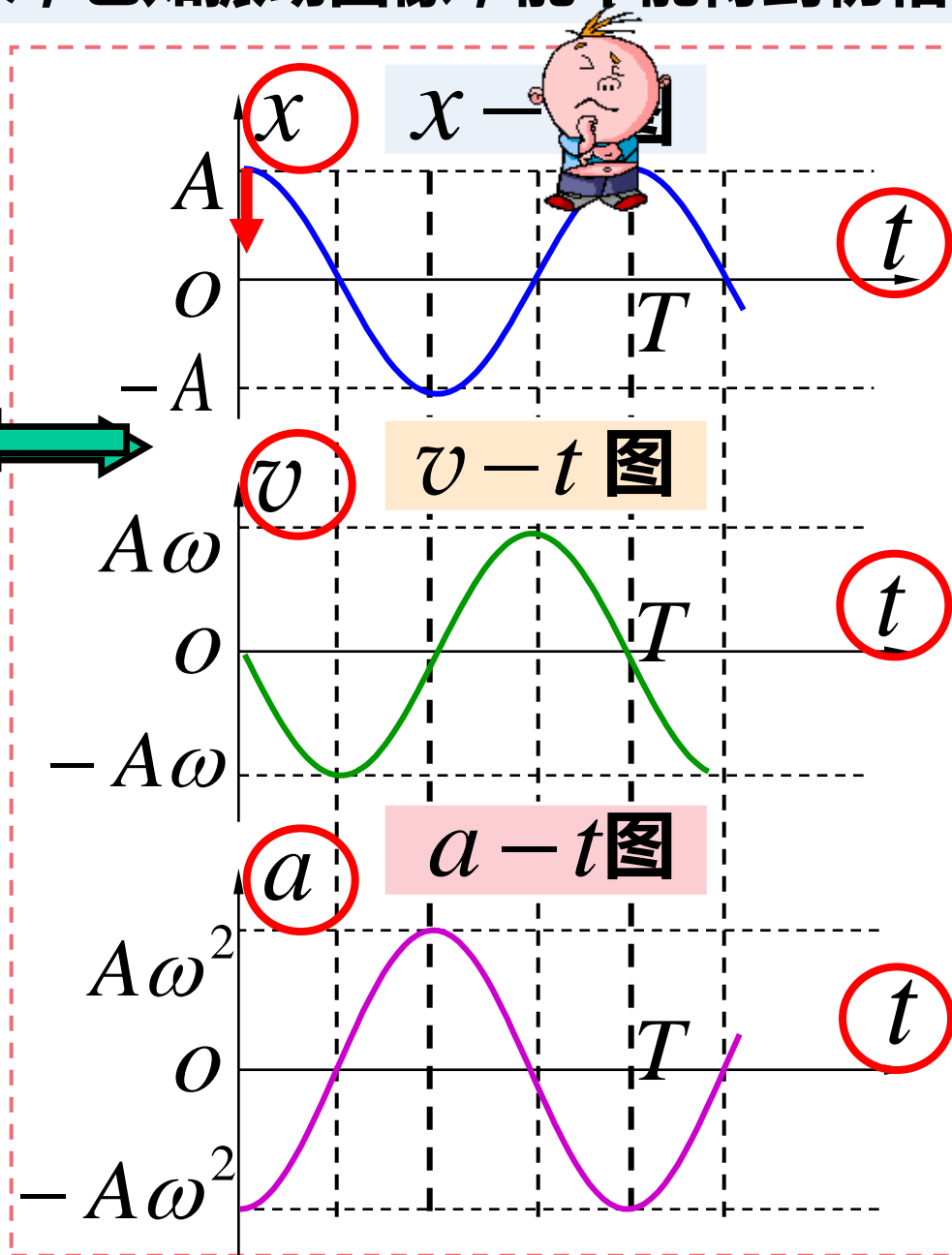
(4) 简谐振动图像

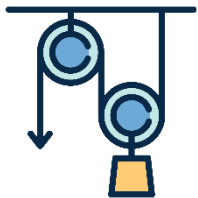
$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{取} \quad \varphi_0 = 0$$

$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0)$$





(5) 简谐振动相关物理量：

① 振幅 $A = |x_{\max}|$

② 周期、频率

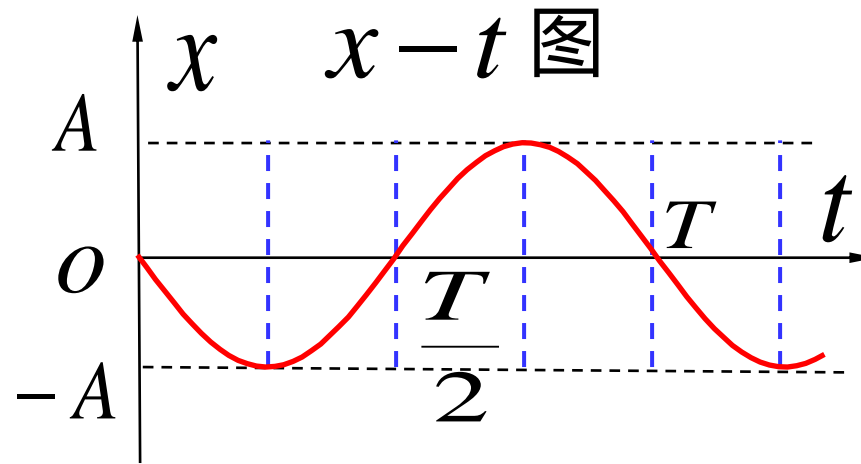
$$x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$= A \cos[\omega(t + T) + \varphi]$$

◆ 周期 $T = \frac{2\pi}{\omega}$

◆ 频率 $\nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$

◆ 圆频率 $\omega = 2\pi \nu = \frac{2\pi}{T}$



弹簧振子周期

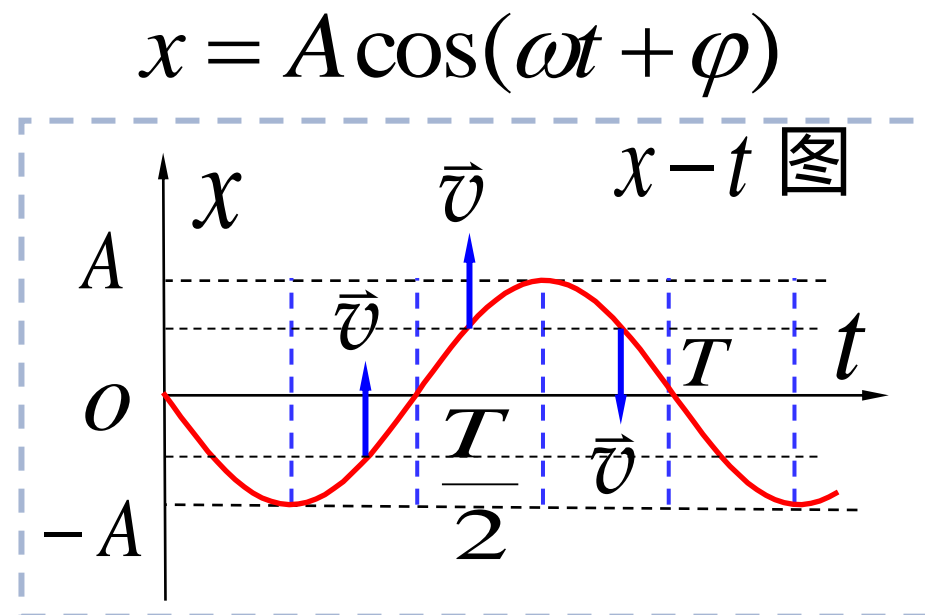
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

周期和频率仅与振动系统本身的物理性质有关

简谐运动中， x 和 v
间不存在一一对应的关系。

③ 相位

$$\omega t + \varphi$$



- 1) $\omega t + \varphi \rightarrow (x, v)$ 存在一一对应的关系;
- 2) 相位在 $0 \sim 2\pi$ 内变化，质点**无相同**的运动状态；
相差 $2n\pi$ (n 为整数)质点运动状态**全同**. (周期性)
- 3) **初**相位 $\varphi (t = 0)$ 描述质点**初始**时刻的运动状态.
(φ 取 $[-\pi \rightarrow \pi]$ 或 $[0 \rightarrow 2\pi]$)

④常数 A 和 φ 的确定

$$x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\begin{cases} x = A \cos(\omega t + \varphi) \\ v = -A\omega \sin(\omega t + \varphi) \end{cases}$$

初始条件

$$x = x_0 \quad v = v_0$$

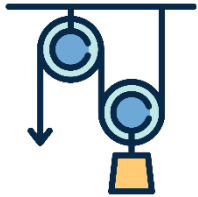
$$\begin{cases} x_0 = A \cos \varphi \\ v_0 = -\omega A \sin \varphi \end{cases}$$



$$A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega^2}}$$

$$\tan \varphi = \frac{-v_0}{\omega x_0}$$

对给定振动系统，周期由系统本身性质决定，
振幅和初相由初始条件决定。



讨论

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

$$v = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$$

已知 $t = 0, x = 0, v < 0$ 求 φ_0

多解问题，
怎么取舍？



$$0 = A \cos \varphi_0$$

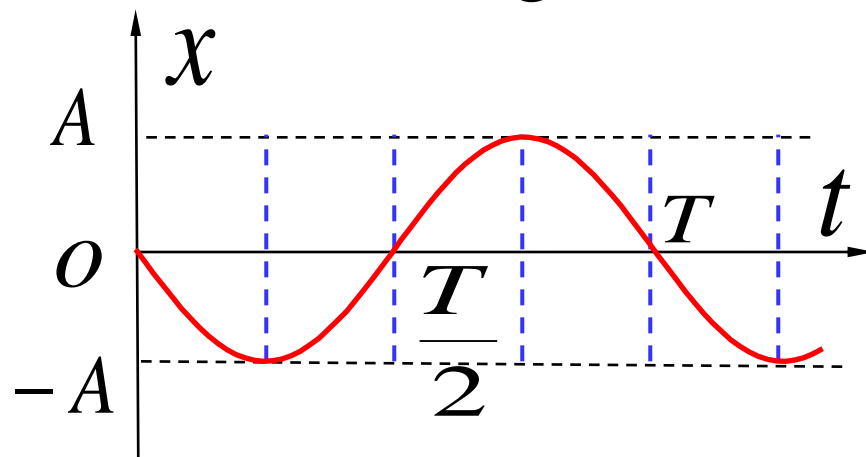
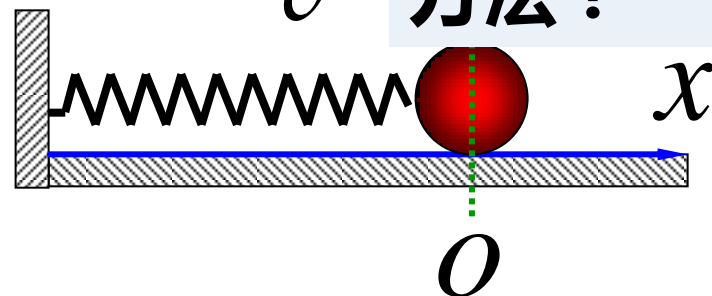
$$\varphi = \pm \frac{\pi}{2}$$

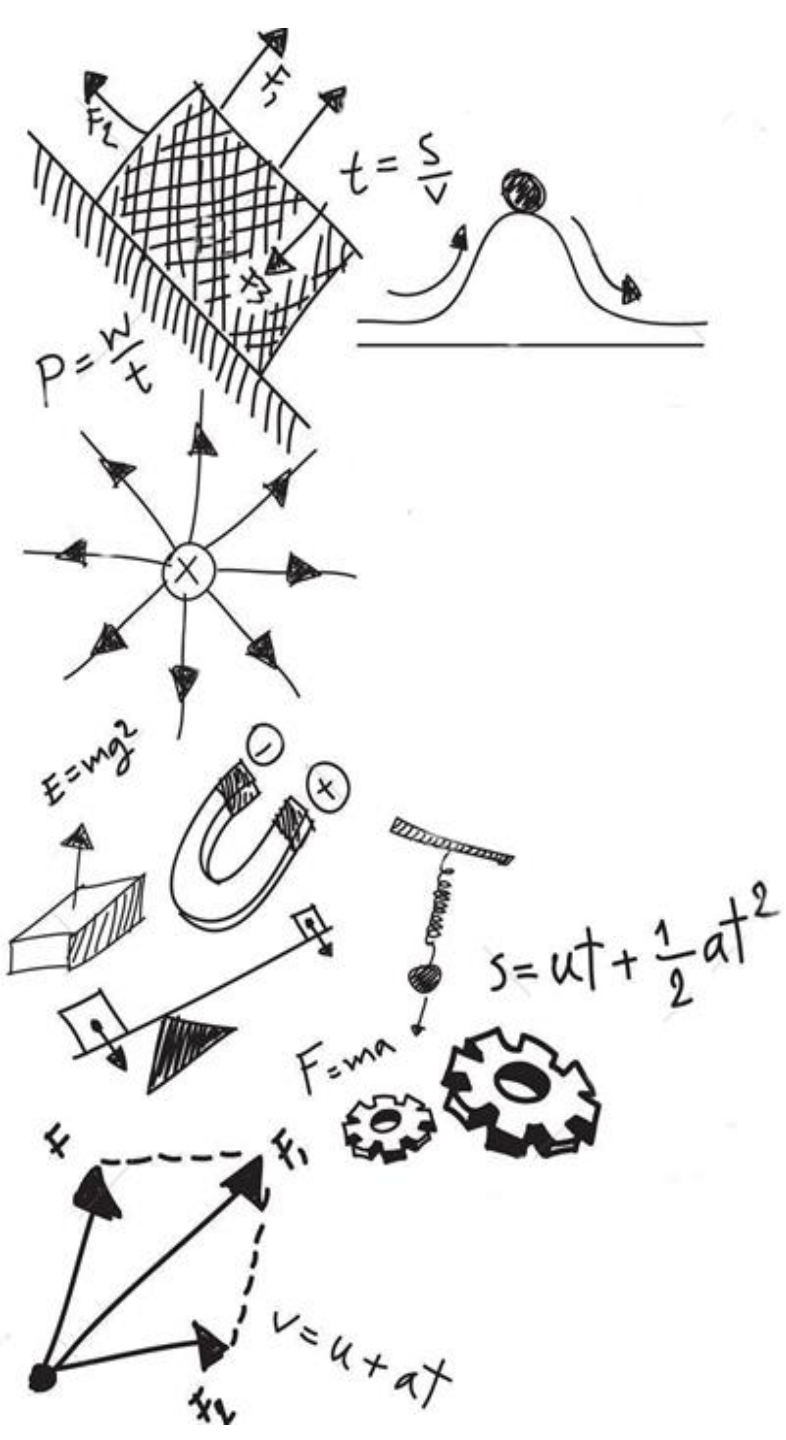
$$\because v_0 = -A\omega \sin \varphi_0 < 0$$

$$\therefore \sin \varphi_0 > 0 \text{ 取 } \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$$

$$x = A \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

有没有简便、准确的方法？





Thanks!

