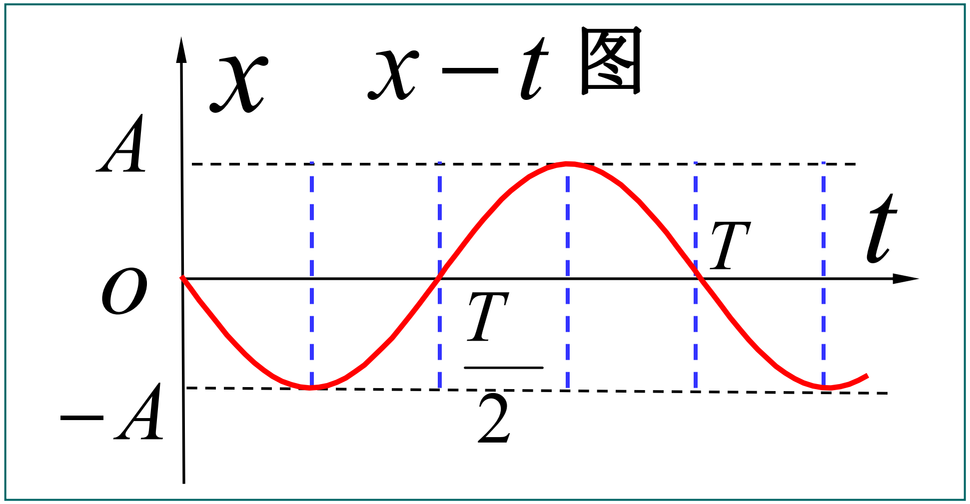


振幅 A 简谐振动物体离开平衡位置的最大位移（或角位移）的绝对值。

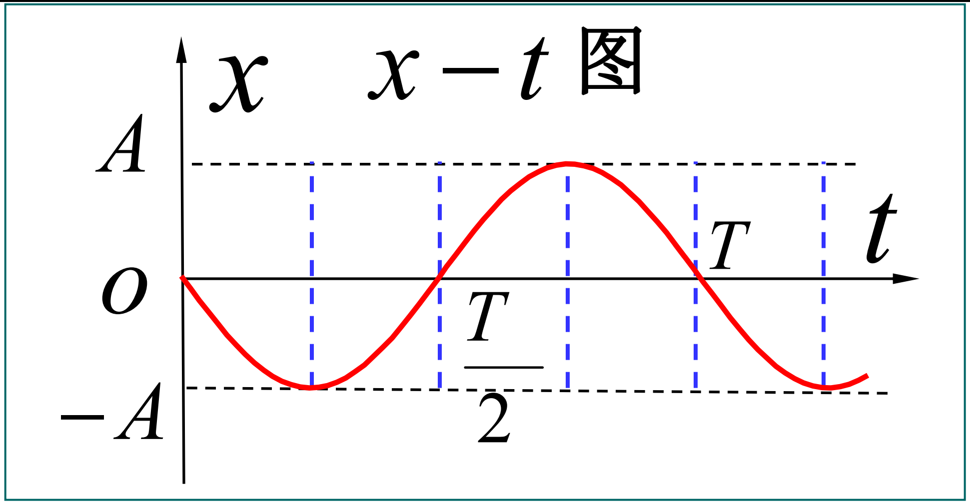
$$x = A\cos(\omega t + \varphi_0) \qquad A = \left| x_{\max} \right|$$

振幅是描述振动强弱的物理量，振幅大表示振动强，振幅小表示振动弱。振幅大小反应了振动系统能量的大小

二 周期、频率

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

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



◆ 周期 $T = \dfrac{2\pi}{\omega}$

周期： 做简谐运动的物体完成一次全振动所需要的时间，叫做振动的周期用T表示，单位为时间单位，在国际单位制中为秒（s）。

振动周期是描述振动快慢的物理量，周期越长表示振动越慢，周期越小表示振动越快。

频率：单位时间内完成全振动的次数，叫做振动的频率。用f表示，在国际单位制中，频率的单位是赫兹（Hz），

频率是表示振动快慢的物理量，频率越大表示振动越快，频率越小表示振动越慢。

注意

对弹簧振子

- 频率 $\nu = \dfrac{1}{T} = \dfrac{\omega}{2\pi}$

- 圆频率 $\omega = 2\pi\,\nu = \dfrac{2\pi}{T}$

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

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

周期和频率仅与振动系统**本身**的物理性质有关

例如，心脏的跳动80次/分

周期为

$$T = \frac{1}{80}(\min) = \frac{60}{80}(\mathrm{s}) = 0.75\ \mathrm{s}$$

频率为

$$\nu = 1/T = 1.33\ \mathrm{Hz}$$

动物的心跳频率(参考值,单位:Hz)

大象	0.4~0.5	马	0.7~0.8
猪	1~1.3	兔	1.7
松鼠	6.3	鲸	0.13

昆虫翅膀振动的频率（Hz）

雌性蚊子	355~415
雄性蚊子	455~600
苍　　蝇	330
黄　　蜂	220

思考题：

1、振幅就是最大位移吗？

振幅是一个标量，指物体偏离平衡位置的最大距离。有负值，也无方向，所以振幅不同于最大位移。

2、频率越大，振幅就越大吗？

在简谐运动中，振幅跟频率或周期无关。在一个稳定的振动中，物体的振幅是不变的。

3、一次全振动通过的路程是几个振幅？
半个周期内通过几个振幅？
四分之一周期内通过几个振幅？

振动物体在一个全振动过程中通过的路程等于4个振幅，在半个周期内通过的路程等于两个振幅，但在四分之一周期内通过的路程不一定等于一个振幅，与振动的起始时刻有关。1T通过路程S=4A,1/2T路程S=2A

4、振幅越大，能量越大吗？

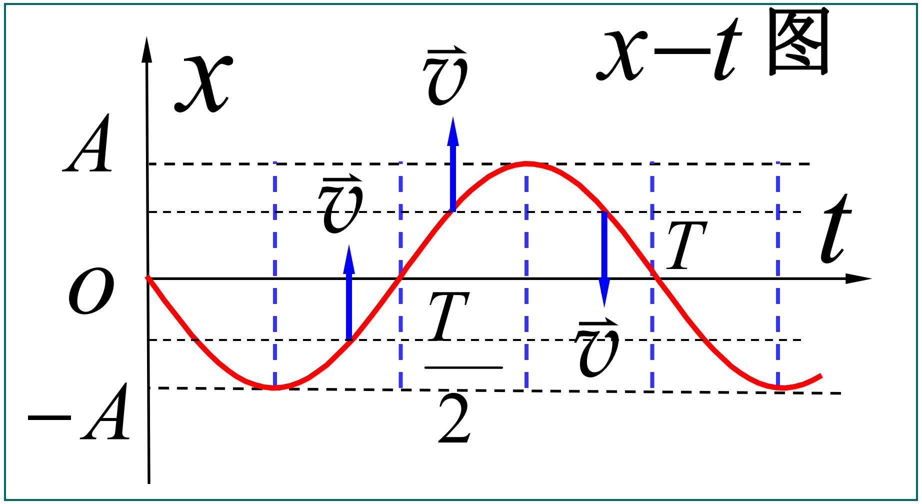
振幅与振动的能量有关，振幅越大，能量越大。

5、振动频率与哪些因素有关？

物体的振动周期与频率，由振动系统本身的性质决定，与振幅无关，所以其振动周期称为固有周期。振动频率称为固有频率。

简谐运动中， x 和 v 间不存在一一对应的关系.

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



三　相位 $\boxed{\omega t + \varphi}$　决定谐振动物体的运动状态

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 $[0 \rightarrow 2\pi]$ ）

四 常数 A 和 φ 的确定

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

初始条件 $t = 0 \quad x = x_0 \quad v = v_0$

$$\begin{cases} x_0 = A\cos\varphi \\ v_0 = -\omega A\sin\varphi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = \sqrt{x_0^2 + \dfrac{v_0^2}{\omega^2}} \\ \tan\varphi = \dfrac{-v_0}{\omega x_0} \end{cases}$$

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　已知 $t=0, x=0, v<0$ 求 φ

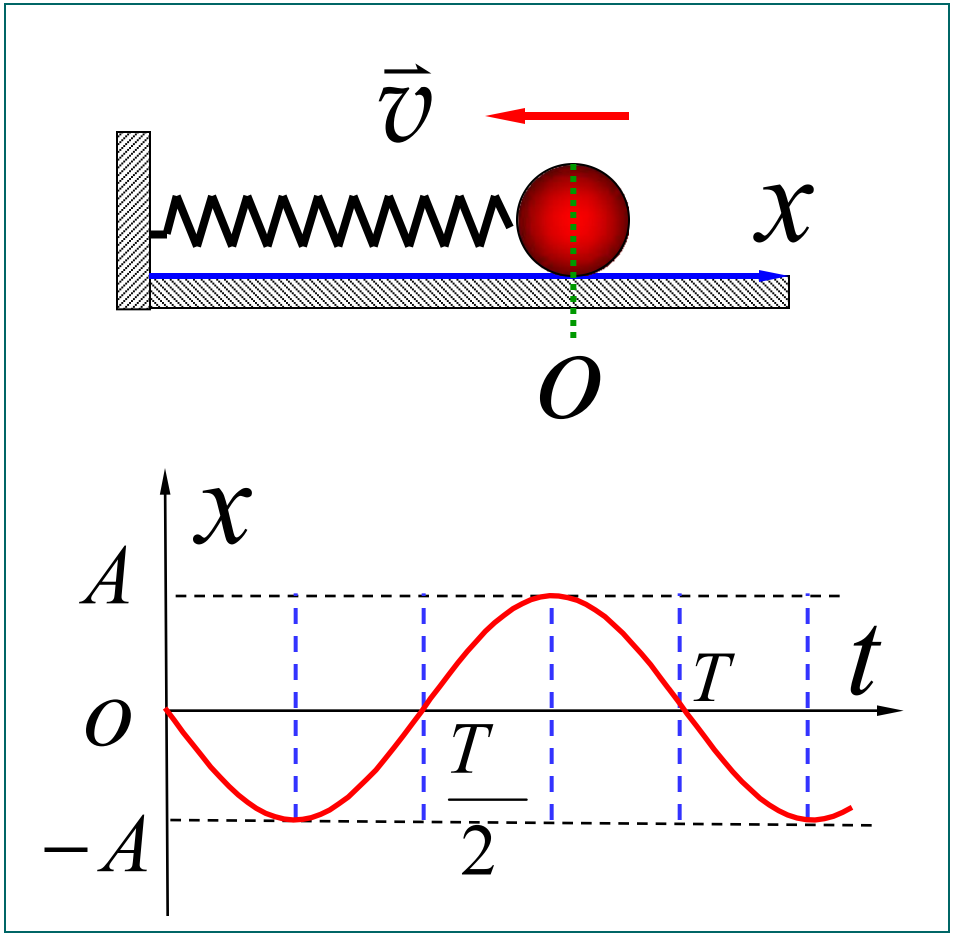
$$0 = A\cos\varphi$$

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

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

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

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



位相差 两振动位相之差。

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

当$\Delta\varphi=2k\pi, k=0, \pm 1, \pm 2\ldots,$

两振动步调相同，称**同相**

当$\Delta\varphi=\pm(2k+1)\pi$， $k=0, \pm 1, \pm 2\ldots$

两振动步调相反，称**反相**

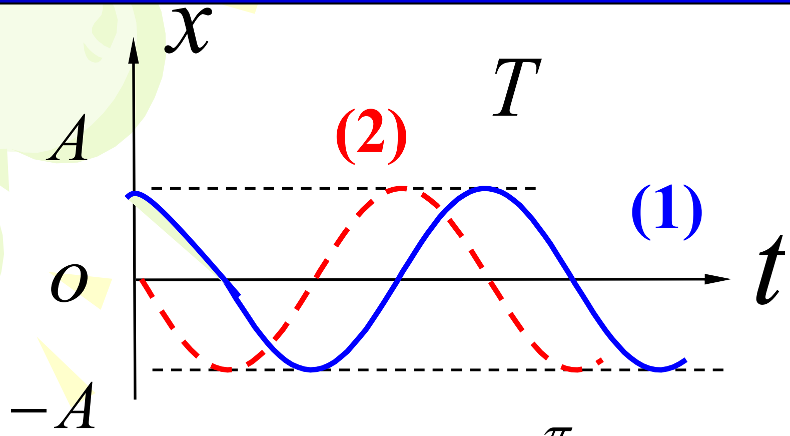
$0 < \Delta\varphi < \pi$ φ_2 **超前于** φ_1 或 φ_1 **滞后于** φ_2

位相差反映了两个振动不同程度的参差错落

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

$$v = v_m \cos(\omega t + \varphi_0 + \frac{\pi}{2})$$

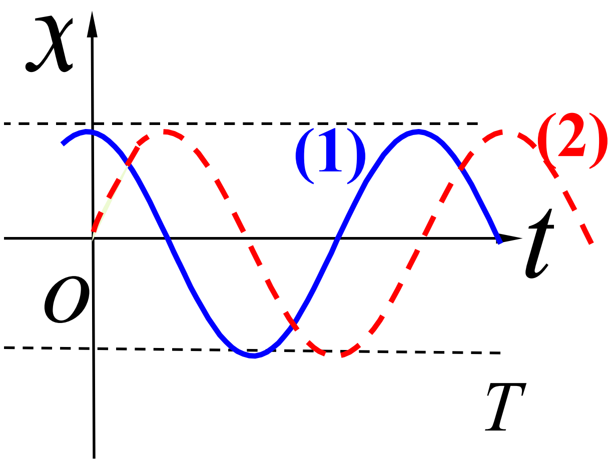
$$a = a_m \cos(\omega t + \varphi_0 + \pi)$$



$$\varphi_{20} - \varphi_{10} = \frac{\pi}{2}$$

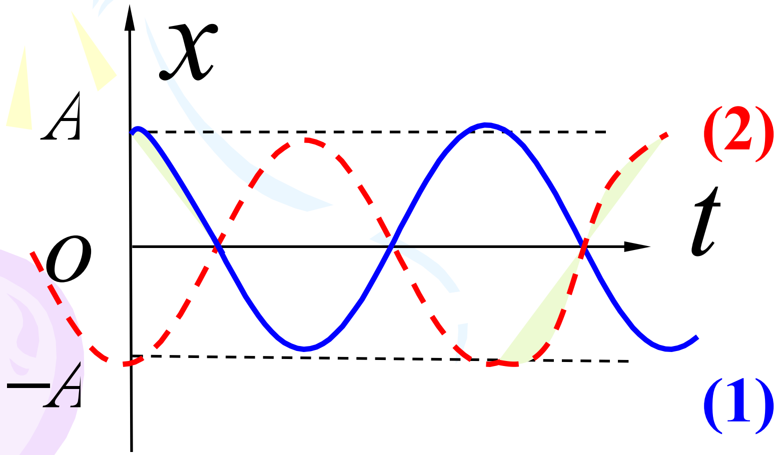
振动（2）比振动（1）超前π/2

振动（1）比振动（2）落后π/2



$$\varphi_{20} - \varphi_{10} = \frac{3\pi}{2}$$

振动（2）比振动（1）落后π/2



振动（1）与振动（2）反相

一 单摆

$\theta < 5^{\circ}$ 时, $\sin\theta \approx \theta$

摆球对C点的力矩

$$M = -mgl\sin\theta \approx -mgl\theta$$

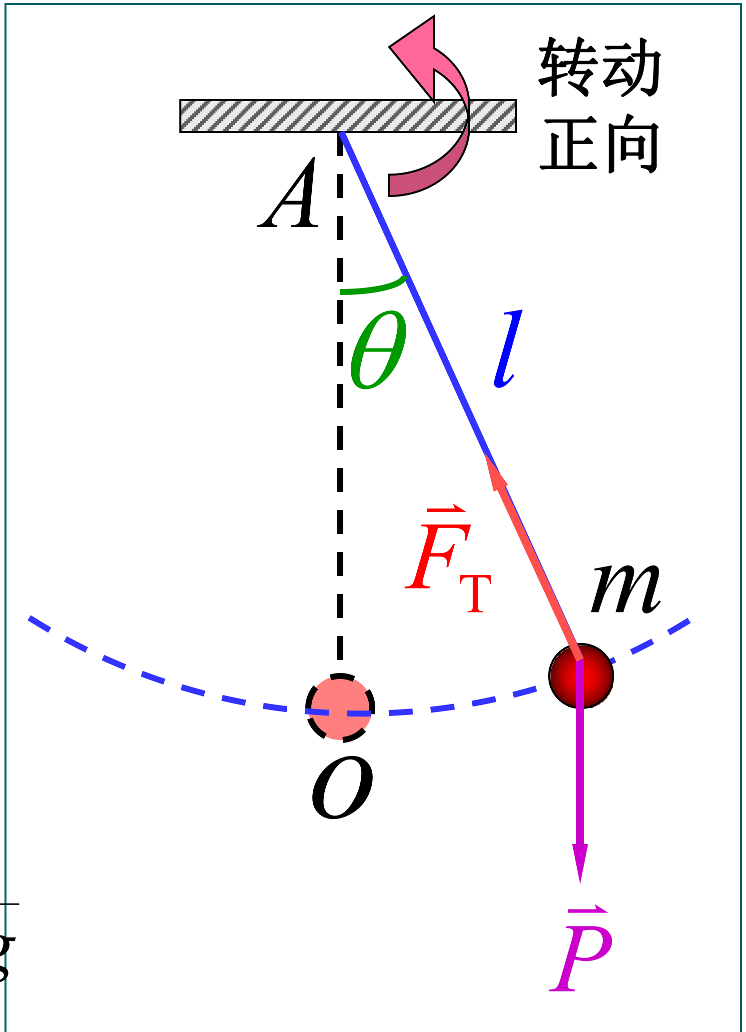
$$-mgl\theta = J\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2}$$

$$\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} = -\frac{g}{l}\theta$$ 令 $$\omega^2 = \frac{g}{l}$$

$$\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} = -\omega^2\theta$$

$$\theta = \theta_{\mathrm{m}}\cos(\omega t + \varphi)$$ $$T = 2\pi\sqrt{l/g}$$

结论：单摆的小角度摆动振动是简谐振动。



$$J = ml^2$$

二 复摆 $(\theta < 5^\circ)$

$$M \approx -mgl\,\theta$$

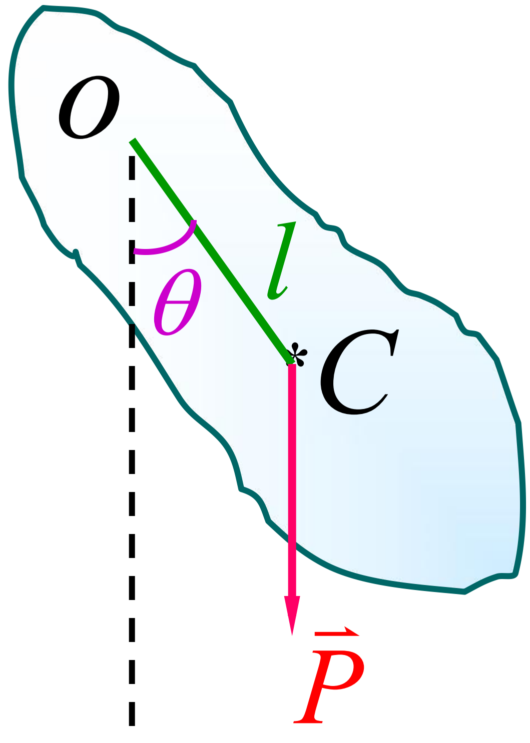
$$-mgl\,\theta = J\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2}$$

令 $$\omega^2 = \frac{mgl}{J}$$

$$\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} = -\omega^2\theta$$

$$\theta = \theta_{\mathrm{m}}\cos(\omega t + \varphi)$$

$$T = 2\pi\sqrt{J/mgl}$$



（C点为质心）

结论：复摆的小角度摆动振动是简谐振动。

三 简谐运动的描述和特征

1）物体受线性回复力作用 $\boxed{F=-kx}$ 平衡位置 $\boxed{x=0}$

2）简谐运动的动力学描述 $\boxed{\dfrac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}=-\omega^2x}$

3）简谐运动的运动学描述 $\boxed{x=A\cos(\omega t+\varphi)}$

$\boxed{v=-A\omega\sin(\omega t+\varphi)}$

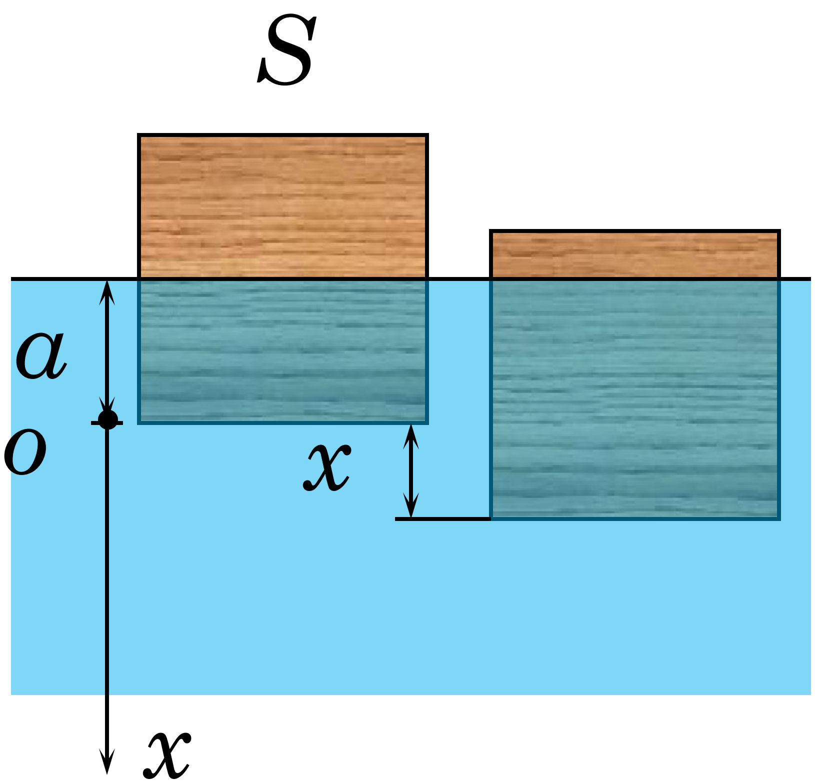
4）加速度与位移成正比而方向相反 $\boxed{a=-\omega^2x}$

弹簧振子 $\omega=\sqrt{k/m}$ 单摆 $\omega=\sqrt{g/l}$

复摆 $\omega=\sqrt{mgl/J}$

例： 底面积为 S 的长方形木块，浮于水面，水面下 a，用手按下 x 后释放，证明木块运动为简谐振动，其周期为

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{a}{g}}$$



证明： 平衡时

$$mg = F_{浮} = aS\rho g$$

任意位置x处，合力

$$F = mg - F_{浮}$$

$$F = aS\rho g - (a + x)S\rho g$$

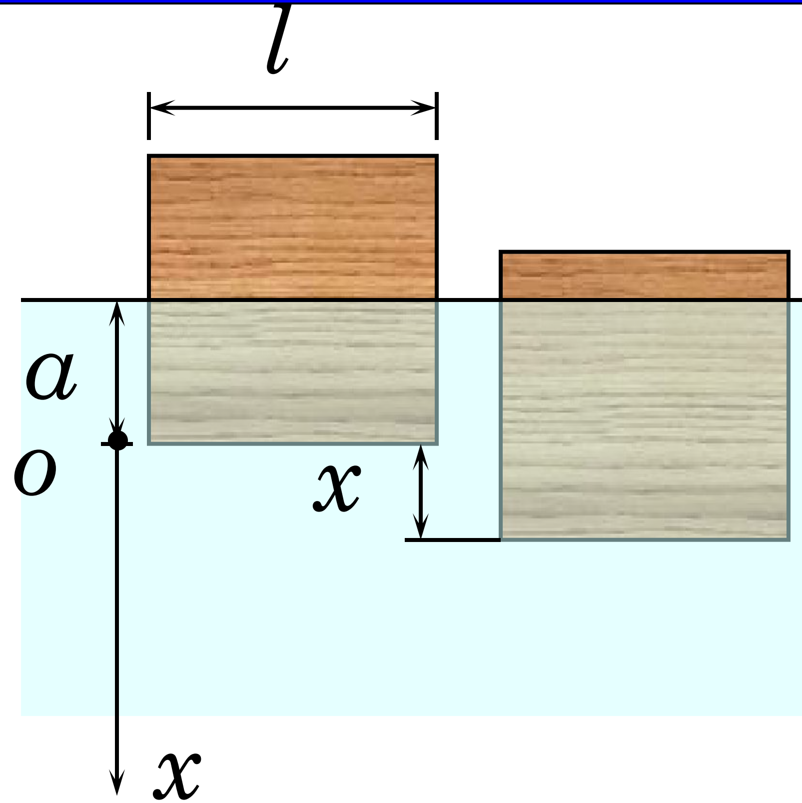
$$= -S\rho g x \quad = -kx$$

为回复力， $k = S\rho g$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{S\rho g}{aS\rho}} = \sqrt{\frac{g}{a}}$$

周期

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad = 2\pi\sqrt{\frac{a}{g}}$$



证毕

练习：下列运动中哪些是谐振动?

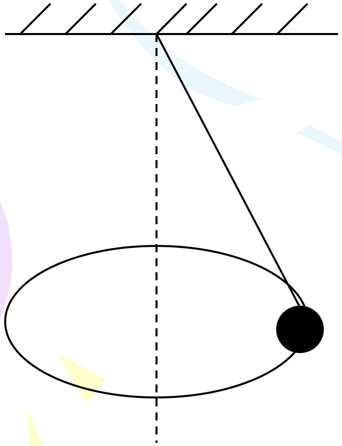
(1) 拍皮球的运动。设地面与球的碰撞为弹性碰撞；

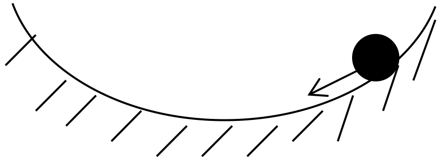
(2) 细线悬挂一小球，令其在水平面内作匀圆周运动(圆锥摆)；

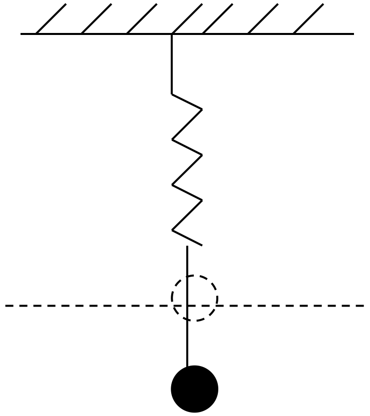
(3) 小球在半径很大的光滑球面底部的小幅摆动；

(4) 活塞的往复运动；

（5）竖直悬挂的弹簧上挂一重物，把重物从静止位置拉下一段距离（在弹性限度内），然后放手任其运动





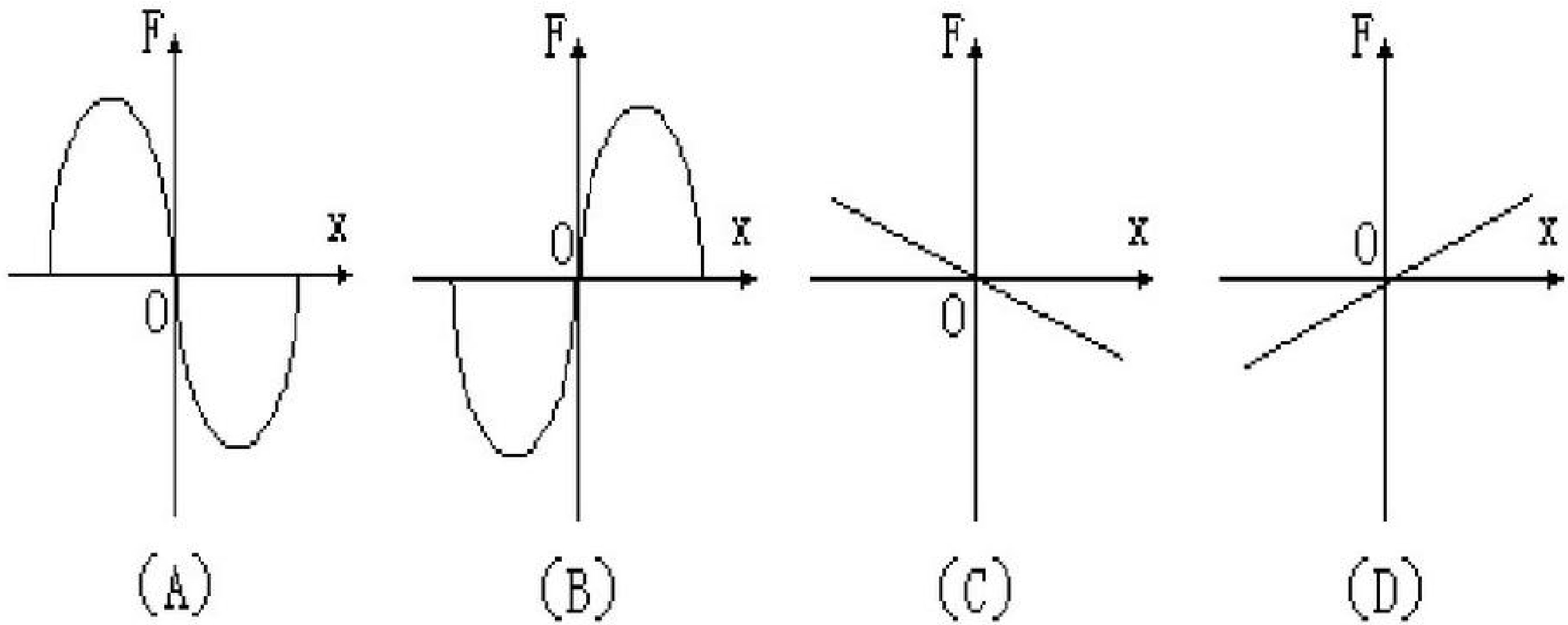


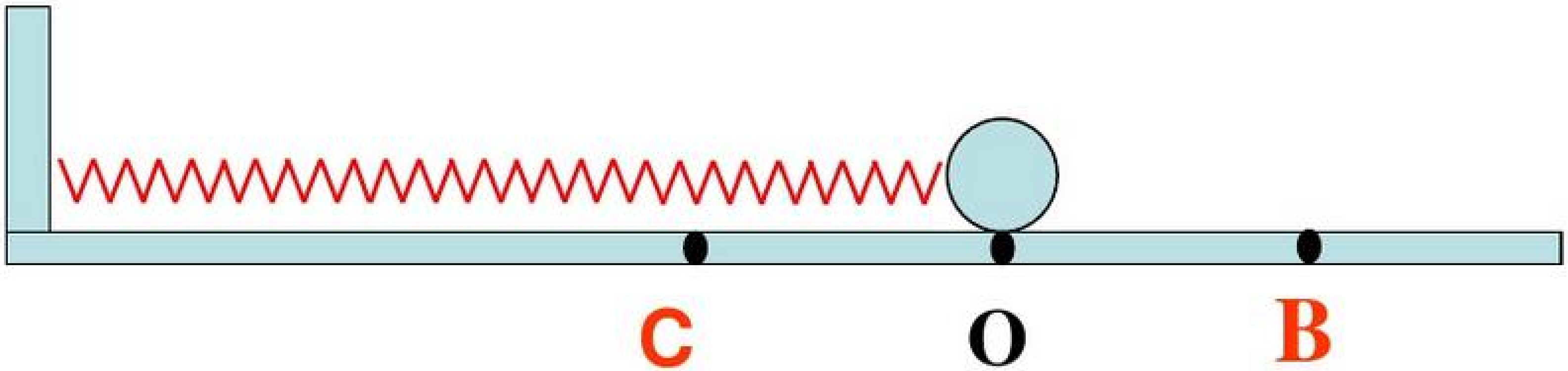
下列运动中属于机械振动的有

ACD

A、树枝在风的作用下的运动
B、竖直向上抛出的物体的运动
C、说话时声带的振动
D、爆炸声引起的窗扇的运动

做简谐振动的弹簧振子受到的回复力与位移的关系可用图中哪个图正确表示出来？（ C ）





图所示为一弹簧振子，O为平衡位置，设向右为正方向，振子在B、C之间振动时（ C ）

A. B至O位移为负、速度为正

B. O至C位移为正、加速度为负

C. C至O位移为负、加速度为正

D. O至B位移为负、速度为负