大学物理期中考试

- **考试：闭卷**

- 4月26日晚上7：00-9:00
- 考试地点：1号楼C305

- 力学（质点运动学，动力学，刚体，机械振动和波）第1，2，3，5，6章
- **课程网站：http://l.xmu.edu.cn/course/view.php?id=408**
  自助选课密码：1415，去年和前年考题已经上载。
- **答疑：本周五，3:00pm-4:30pm**

矢量乘法

$$\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos\theta = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

$$\vec{S} = \vec{A}\times\vec{B}$$

$$\begin{cases} \text{大小}: S = AB\sin\theta\,[\theta = (\vec{A},\vec{B})] \\ \text{方向}: \vec{S}\perp\vec{A},\ \vec{S}\perp\vec{B},\ \text{满足右螺旋定则} \end{cases}$$

$$\vec{A}\times\vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y)\vec{i} + (A_z B_x - A_x B_z)\vec{j} + (A_x B_y - A_y B_x)\vec{k}$$

$$= \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

运动方程→轨迹方程

$$\boxed{\vec{r}(t)=x(t)\vec{i}+y(t)\vec{j}+z(t)\vec{k}}$$

$$\begin{cases} x=x(t) \\ y=y(t) \\ z=z(t) \end{cases} \xrightarrow{\text{消去}t} \begin{cases} F(x,y,z)=0 \\ G(x,y,z)=0 \end{cases}$$

轨迹方程：描述运动轨迹的形状

$$\boxed{\vec{r}(t)=x(t)\vec{i}+y(t)\vec{j}}$$

$$\begin{cases} x=x(t) \\ y=y(t) \end{cases} \xrightarrow{\text{消去}t} F(x,y)=0$$

1. 已知运动方程，求质点任意时刻的位置、速度以及加速度

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \qquad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \qquad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

2. 已知运动质点的速度函数（或加速度函数）以及初始条件求质点的运动方程

$$\vec{a} = \vec{a}(t) \qquad \vec{v} = \int \vec{a}dt + \vec{c}_1 \qquad \vec{r} = \int \vec{v}dt + \vec{c}_2$$

$$\begin{cases} \vec{v}\big|_{t=0} = \vec{v}_0 \\ \vec{r}\big|_{t=0} = \vec{r}_0 \end{cases} \Rightarrow \quad \vec{c}_1, \vec{c}_2$$

- 自然坐标

$$\boxed{\vec{r} = \vec{r}(s)}$$

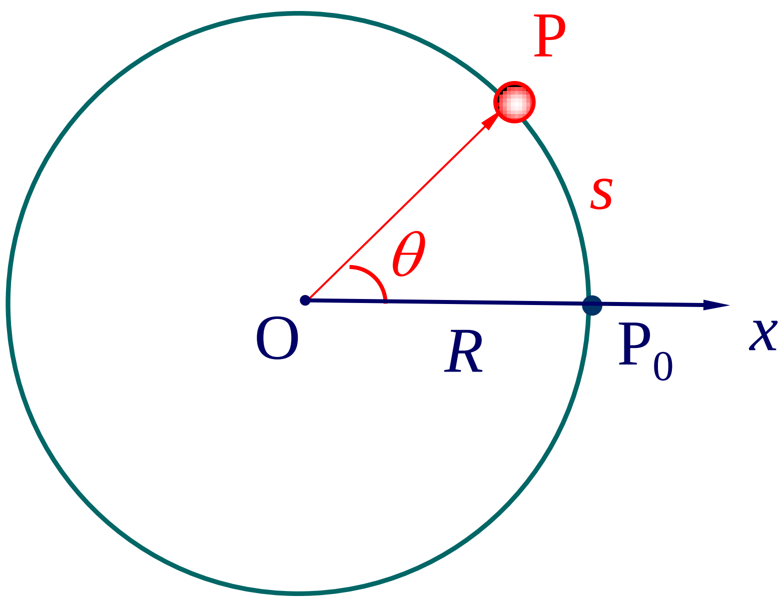
$$\boxed{\vec{v} = v\hat{\tau} = \frac{ds}{dt}\hat{\tau}}$$

$$\boxed{\vec{a} = a_t\hat{\tau} + a_n n = \frac{dv}{dt}\hat{\tau} + \frac{v^2}{\rho}n}$$

切向加速度，
法向加速度（向心加速度）

圆周运动的角量描述

角位置： $\theta = \theta(t)$



角速度： $\omega = \dfrac{d\theta}{dt}$

角加速度： $\alpha = \dfrac{d\omega}{dt}$

角量和线量的关系

$$v = R\omega$$

$$\begin{cases} a_n = R\omega^2 \\ a_t = R\alpha \end{cases}$$

牛顿第二定律的应用

矢量式：

$$\vec{F}=m\vec{a}=m\frac{d\vec{v}}{dt}=m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

分量式：

直角坐标系：

$$\begin{cases} F_x=ma_x=m\dfrac{dv_x}{dt}=m\dfrac{d^2x}{dt^2} \\ F_y=ma_y=m\dfrac{dv_y}{dt}=m\dfrac{d^2y}{dt^2} \\ F_z=ma_z=m\dfrac{dv_z}{dt}=m\dfrac{d^2z}{dt^2} \end{cases}$$

自然坐标系：

$$\begin{cases} F_n=ma_n=m\dfrac{v^2}{\rho} \\ F_t=ma_t=m\dfrac{dv}{dt} \end{cases}$$

用牛顿第二定律解质点动力学问题

1）已知运动，求受力：求导过程

2）已知受力，求运动：积分过程

解题要点：

（1）受力分析，画出示力图（隔离法）

（2）对各隔离体建立牛顿运动方程的矢量式

（3）建立坐标系，化矢量式为分量式

（4）解方程

动量定理—牛顿第二定律的积分形式

牛顿第二定律： $\vec{F} = \dfrac{d\vec{p}}{dt}$

$$\vec{F}dt = d\vec{p}$$

积分： $\int_{t_0}^{t} \vec{F}dt = \int_{\vec{p}_0}^{\vec{p}} d\vec{p} = \vec{p} - \vec{p}_0$

定义力的**冲量：** $\boxed{\vec{I} = \int_{t_0}^{t} \vec{F}dt}$ $\boxed{\vec{I} = \vec{p} - \vec{p}_0}$

➢动量定理反映了力对时间的积累效应

质点的动能定理

$$W = \int_{P_0}^{P} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

定义质点的动能：

$$\boxed{E_k = \frac{1}{2} m v^2}$$

动能定理：

$$\boxed{W = E_k - E_{k0}}$$

刚体定轴转动的描述

定轴转动的角量描述

角位置：

$$\theta = \theta(t)$$

角位移：

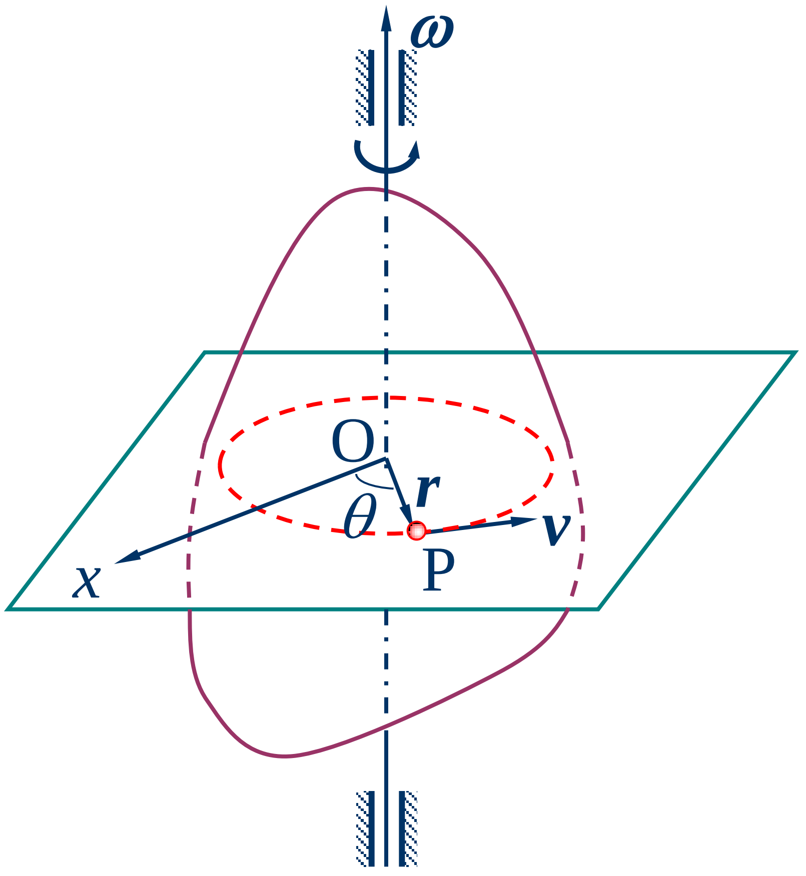
$$\Delta\theta = \theta(t) - \theta(t_0)$$

角速度：

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

角加速度：

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

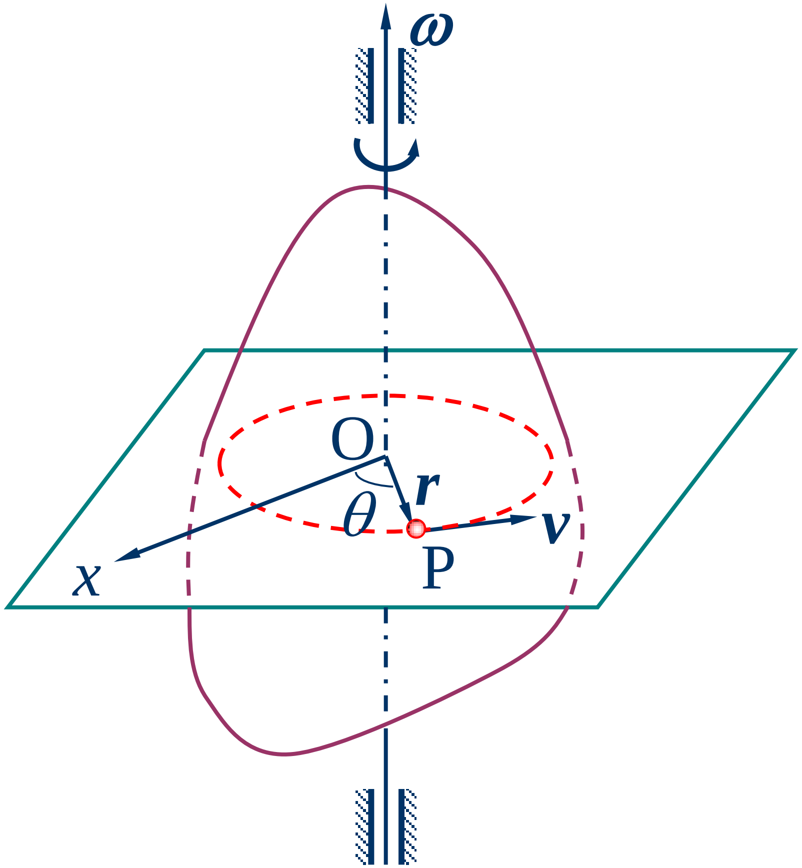


角量和线量的关系

r为质点到转轴的**垂直距离**，$\vec{r}$ 为垂直于转轴，由转轴指向质点的矢量。

$$\boxed{v = r\omega}$$

$$\boxed{\begin{cases} a_t = r\alpha \\ a_n = r\omega^2 \end{cases}}$$

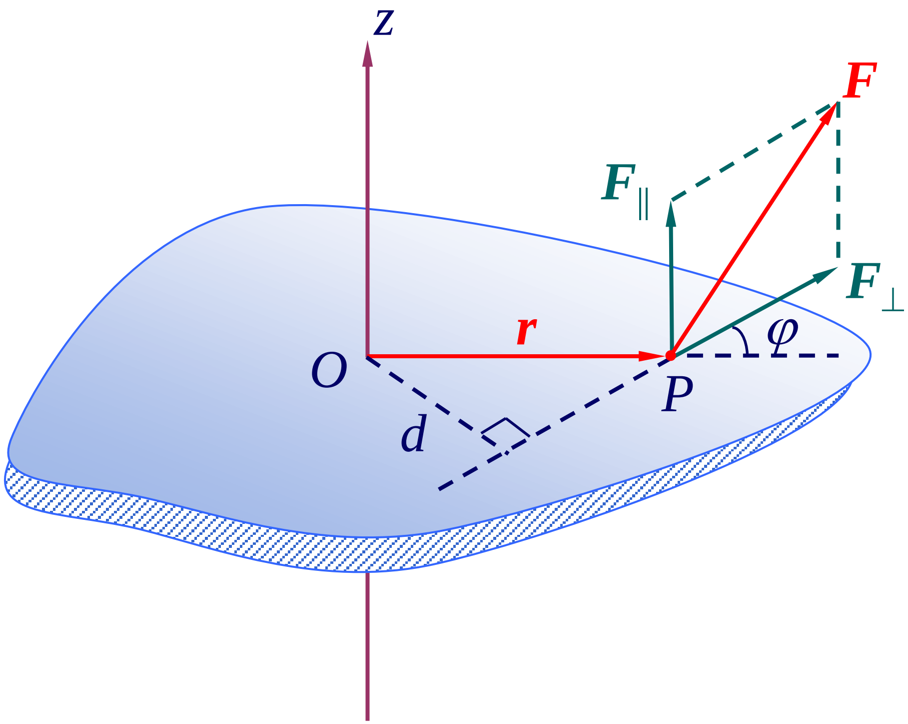


矢量表示：

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$$

$$\vec{a} = \overrightarrow{\alpha} \times \vec{r} - \omega^2 \vec{r}$$

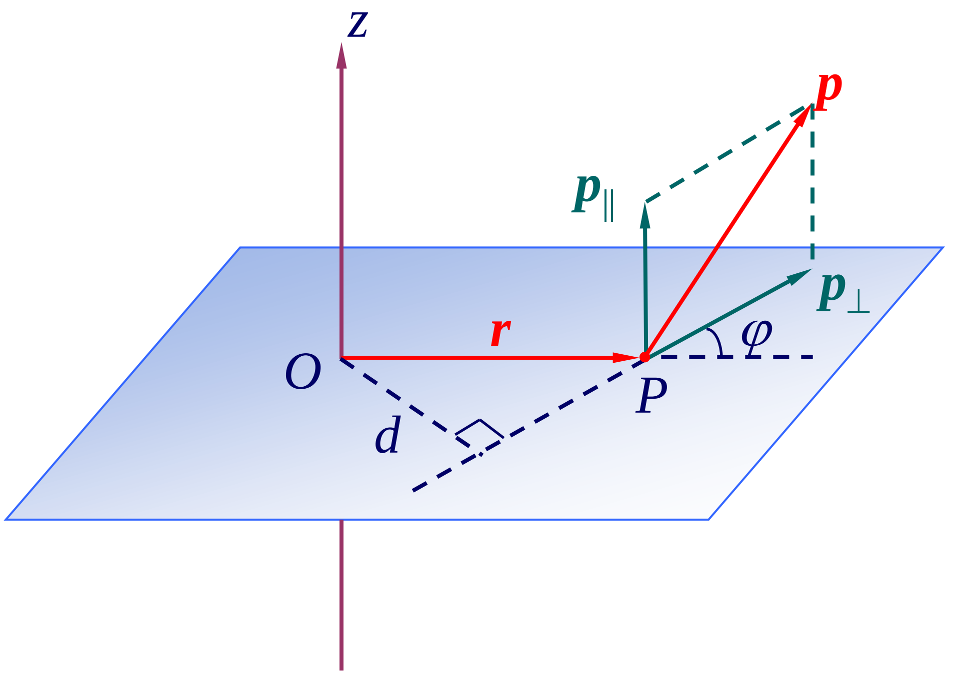
力对转轴的力矩



$$\vec{M}_z = \vec{r} \times \vec{F}_\perp$$

$$M_z = F_\perp r \sin\varphi = F_\perp d$$

质点对转轴的角动量：



$$\boxed{\vec{L}_z = \vec{r} \times \vec{p}_{\perp}}$$

$$\boxed{L_z = p_{\perp} r \sin\varphi = p_{\perp} d}$$

- 作用在质点上的力对固定点的力矩： $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$
- 作用在质点上的力对转轴的力矩： $\boxed{M_z = F_\perp r \sin\varphi = F_\perp d}$
- 质点对固定点的角动量： $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$
- 质点对转轴的角动量： $\boxed{L_z = p_\perp r \sin\varphi = p_\perp d}$

- 转动惯量： $\boxed{J = \int r^2 dm = \sum \Delta m_i r_i^2}$
- 刚体对转轴的角动量： $\boxed{L_z = J_z \omega}$
- 转动定律： $\boxed{M_z = J_z \alpha}$

刚体定轴转动
的动能：

$$\boxed{E_k = \frac{1}{2}J\omega^2}$$

动能定理：

$$\boxed{W = \int_{\theta_0}^{\theta} M d\theta = E_k - E_{k0}}$$

角动量定理：$M_z = \dfrac{dL_z}{dt} \rightarrow$ $\boxed{\int_{t_0}^{t} M dt = L - L_0}$

描述简谐振动的物理量

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

圆频率（角频率）： ω

周期和频率： $T = \frac{2\pi}{\omega},\ \nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$

振幅： A

初相： t=0时刻的相位φ_0

- **周期和频率：**由振动系统的固有性质决定，弹簧振子

$$\omega = \sqrt{k/m}$$

- **振幅和初相：**由初始条件决定

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

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

$$\begin{cases} x_0 = A\cos(\varphi_0) \\ v_0 = -A\omega\sin(\varphi_0) \end{cases} \Rightarrow \boxed{\begin{cases} A = \sqrt{x_0^2 + \dfrac{v_0^2}{\omega^2}} \\ \cos\varphi_0 = \dfrac{x_0}{A} \\ \sin\varphi_0 = \dfrac{v_0}{-A\omega} \end{cases}}$$

简谐振动的描述，速度，和加速度

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

$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0) \quad = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0 + \frac{\pi}{2})$$

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

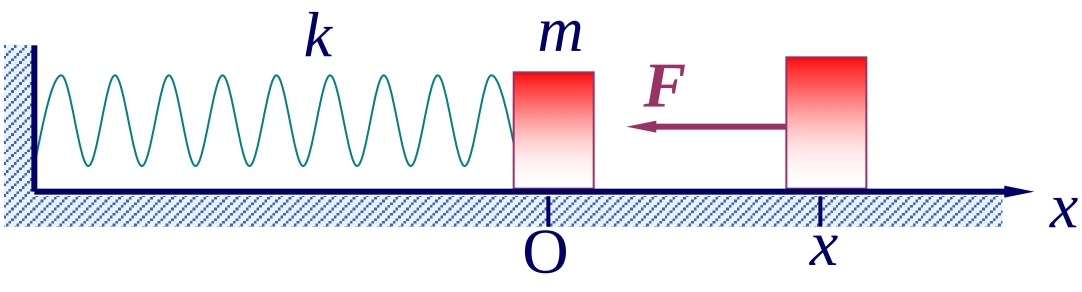
简谐振动的能量

$$x = A\cos(\omega t + \varphi) \quad v = -A\omega\sin(\omega t + \varphi)$$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2\sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{1}{2}kA^2\sin^2(\omega t + \varphi)$$

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega t + \varphi)$$

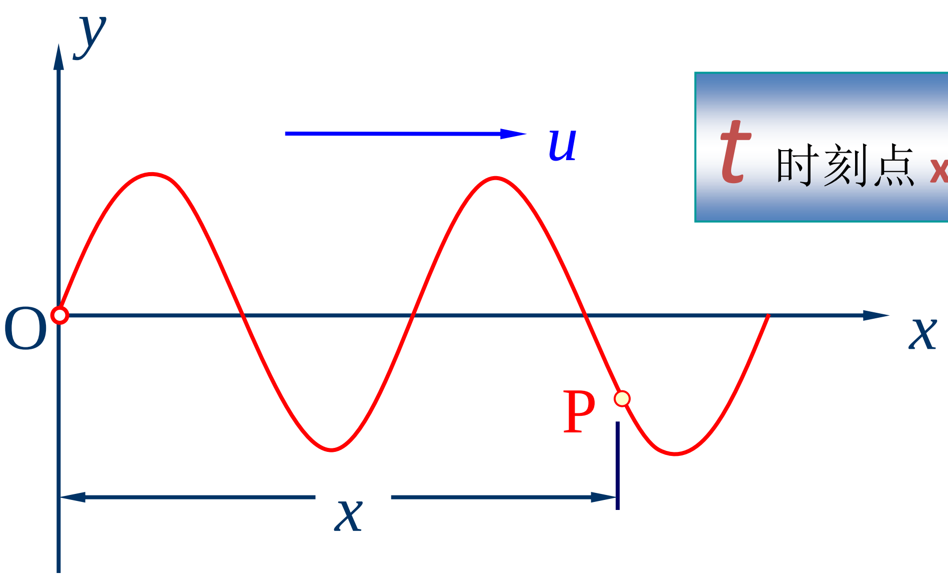
$$E = E_k + E_p = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 = \frac{1}{2}kA^2$$



平面简谐波的波动表达式（波函数）

O点的振动是简谐振动（单一频率，单一振动方向，固定相位）：

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



t 时刻点 x 的运动 = $t\text{-}x/u$ 时刻点o 的运动

平面简谐波波动表达式（波函数）：

$$\boxed{y(x,t) = A\cos[\omega(t - \frac{x}{u}) + \varphi_0]}$$

波函数

$$y = A\cos[\omega(t - \frac{x}{u}) + \varphi_0]$$

波速沿x 轴正向

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

波速沿x 轴负向

平面简谐波波函数的其它形式：

$$y = A\cos[2\pi(\frac{t}{T} \mp \frac{x}{\lambda}) + \varphi_0]$$

3.2 驻波的表达式

正向传播：
$$y_1 = A_0 \cos(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda})$$

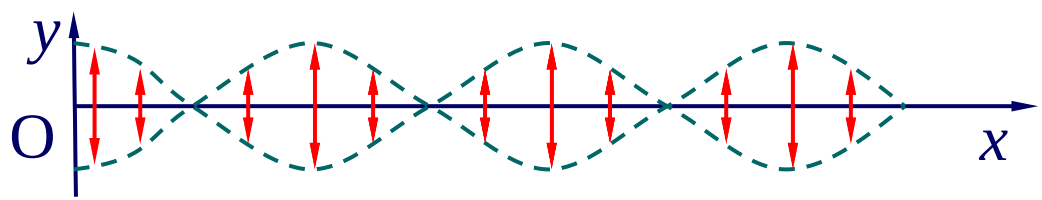
反向传播：
$$y_2 = A_0 \cos(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda})$$

$$y = y_1 + y_2$$

$$\cos\alpha\cos\beta = \frac{\cos(\alpha+\beta)+\cos(\alpha-\beta)}{2}$$

$$= \boxed{2A_0 \cos\frac{2\pi x}{\lambda}} \cos\omega t$$

驻波的振幅与位置有关



反射波的半波损失

波阻：ρu，密度和波速的乘积。

当波从波疏媒质（ ρu 较小）入射到波密媒质（ ρu 较大）时，在媒质界面反射时产生 π 的位相突变，相当于多传播了半个波长的波程。反射波与入射波形成的驻波在界面上为波节。

驻波经常由入射波与在界面上的反射波干涉形成。

由于两种介质的不同性质，在界面上有时是波节，有时是波腹。