

# 质点力学

## 质点运动的描述

### 四个物理量

#### 位矢

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

#### 位移

$$\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$$

一般情况下,  $|\Delta\mathbf{r}| \neq \Delta r$ ,  $\Delta s \geq |\Delta\mathbf{r}|$

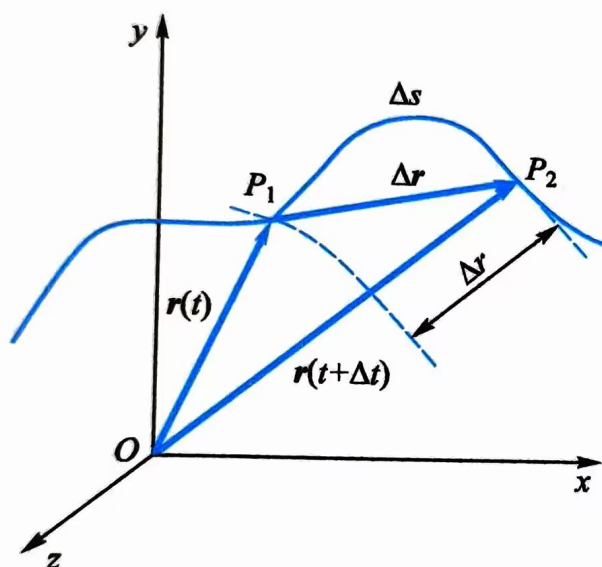


图 1-1

#### 速度

平均速度、瞬时速度、瞬时速率

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

$$v = |\mathbf{v}| = \frac{ds}{dt}$$

## 加速度

$$\bar{\mathbf{a}} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$$

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$$

## 常见问题

1. 已知  $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$ , 求质点的位置、位移、速度、加速度——求导
2. 已知  $\mathbf{a} = \mathbf{a}(t)$  和初始条件  $r_0, v_0$ , 求其速度和运动方程——积分

## 曲线运动

角坐标  $\theta$ , 角位移  $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ ,

## 角速度

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

## 角加速度

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

## 线量和角量的关系

$$v = R\omega$$

$$a_t = R\alpha$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2$$

$$\Delta s = R \cdot \Delta\theta$$

# 牛顿定律

## 第一定律

任何质点都保持静止或匀速直线运动状态，  
直至其他物体对它施加力的作用迫使它改变这种状态为止

## 第二定律

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} = m\mathbf{a}$$

## 第三定律

$$\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$$

## 常见的力

- 万有引力  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
- 弹力  $F = -kx$
- 摩擦力  $F_f = \mu f_N$

## 动量和冲量

$$\mathbf{I} = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} dt = m\mathbf{v}_2 - m\mathbf{v}_1$$

- 动量守恒定律

## 质点系的动量定理

作用在系统上合外力的冲量 **等于** 这段时间内质点系动量的增量

$$\mathbf{I} = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F}_{ex} dt = \mathbf{p} - \mathbf{p}_0$$

## 功和能

$$dW = \mathbf{F} d\mathbf{r}$$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

## 质点的动能定理

$$W = E_{k_2} - E_{k_1}$$

## 质点系的动能定理

$$W_{ex} + W_{in} = E_{k_2} - E_{k_1}$$

# 角动量

## 质点的角动量

### 力矩

$$\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

### 质点的角动量

$$\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$$

### 质点的角动量定理

$$\int_{t_1}^{t_2} \mathbf{M} dt = \mathbf{L}_2 - \mathbf{L}_1$$

这说明，质点所受的**冲量矩**等于质点角动量的**增量**

### 质点的角动量守恒定律

如果质点所受的外力矩为零，则质点的角动量保持不变

## 刚体定轴转动的叫角动量

### 刚体定轴转动的角动量

$$J = \int r^2 dm$$
$$L = J\omega$$

### 刚体定轴转动的角动量定理

$$M = \frac{dL}{dt}$$

这说明刚体定轴转动时，力矩等于角动量的变化率

## 刚体定轴转动的角动量守恒定律

---

$$L = J\omega = C$$

这说明，若物体受到的合外力矩为零，则角动量保持不变