

第一章

质点运动 时间 空间

一、六个基本概念及其物理意义

二、掌握运动学的计算（求速度、加速度）

一、基本概念

1. 参考系

运动只能理解为物体的相对运动

——爱因斯坦

为描述物体的运动状态而选择的标准物叫做参考物

判断：物体运动的描述不是绝对的

参考系

一个固定在参考物上的坐标系和相应的一套同步的钟。

2. 质点——理想模型



→ 忽略物体的大小和形状
认为是只具有全部质量的一点。

物体看作质点是有条件的

二、描述质点运动的物理量

1.位置矢量

2.位移：

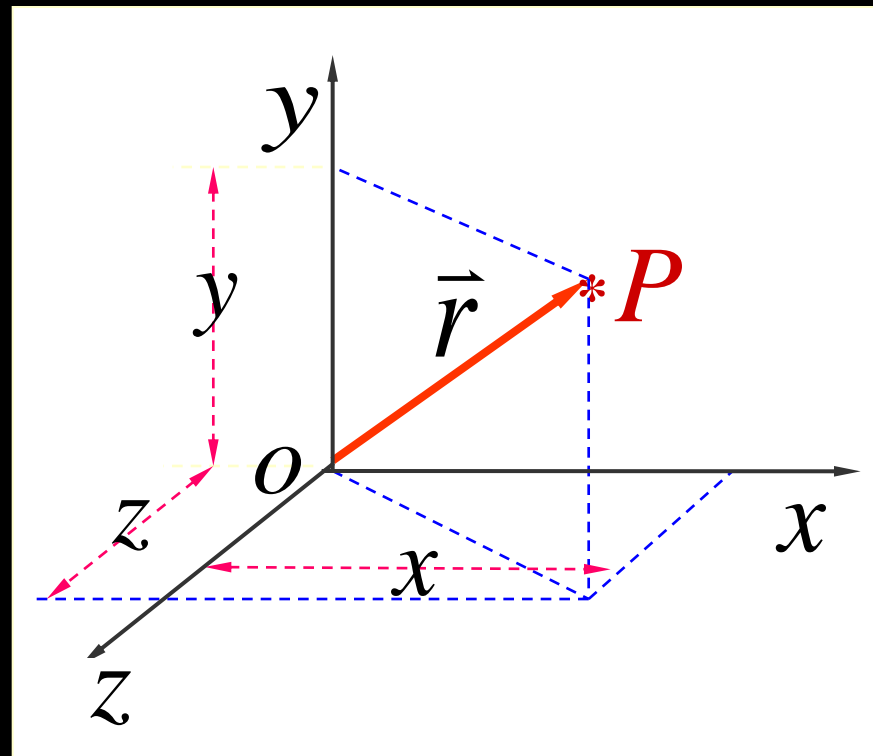
3.速度

4.加速度

1. 位置矢量（单位：米）

确定质点 P 某一时刻在参考系里的位置的物理量称位置矢量，简称位矢 \vec{r}

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



位矢 \vec{r} 的值为 $r = |\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

讨论

(1) 质点的位矢既具有大小，又具有方向。

(2) 运动函数(运动方程) $\vec{r}(t)$

直角坐标系中

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

分量表示

$$x = x(t) \quad y = y(t) \quad z = z(t)$$

消去 t , 得到 $f(x,y,z)=0$ ——质点运动轨迹

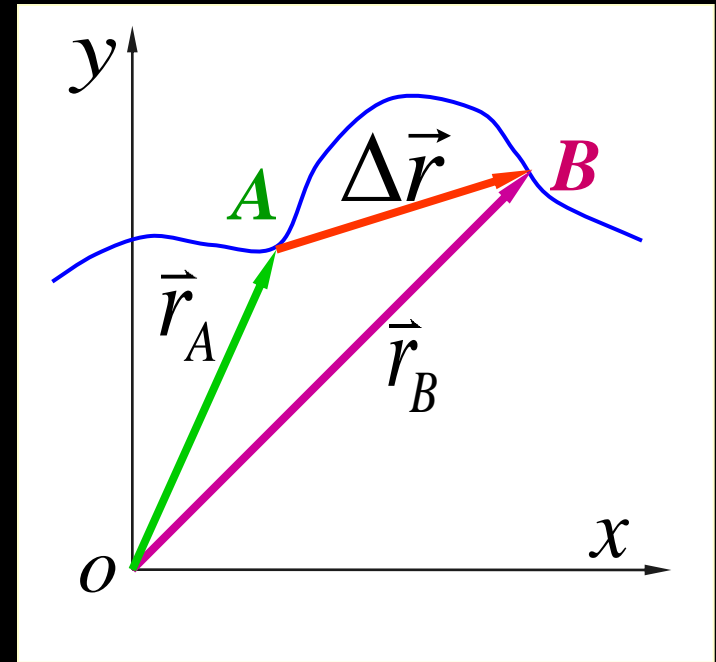
2. 位移：描述一段时间内质点位置变化的物理量

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)$$

★位移是矢量，有大小和方向

★与一段时间对应的过程量

★与路程的区别



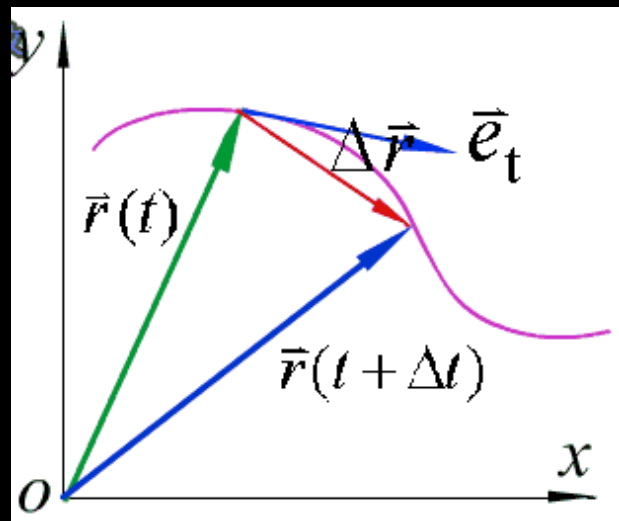
3. 速度（单位：米/秒）

——反映位置变化快慢的物理量

(1) 速度的定义

平均速度 $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$

瞬时速度 $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$



——速度是位矢函数(运动方程)对时间的一阶导数

$$\begin{aligned}
 \vec{v} &= \frac{d\vec{r}}{dt} & \vec{r} &= x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \\
 &= \boxed{\frac{dx}{dt}}\vec{i} + \boxed{\frac{dy}{dt}}\vec{j} + \boxed{\frac{dz}{dt}}\vec{k} \\
 &= v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}
 \end{aligned}$$

(2) 速率

$$v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

例1. 设质点做二维运动: $\vec{r} = 2t\vec{i} + (2 - t^2)\vec{j}$

求t=0秒及t=2秒时质点的位置和速度

解: 位置 (略), 求速度

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = 2\vec{i} - 2t\vec{j}$$

$$t = 0 \quad \vec{v}_0 = 2\vec{i}$$

$$t = 2 \quad \vec{v}_2 = 2\vec{i} - 4\vec{j}$$

4. 加速度（单位：米/秒²）

——反映速度变化快慢的物理量

平均加速度

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}(t + \Delta t) - \vec{v}(t)}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

瞬时加速度

$$\vec{a}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$$

加速度

$$\begin{aligned}\vec{a} &= \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j} + \frac{dv_z}{dt} \vec{k} \\ &= a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}\end{aligned}$$

加速度大小

$$a = |\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

例2. 设质点做二维运动: $\vec{r} = 2t\vec{i} + (2 - t^2)\vec{j}$

求t=2秒时质点的加速度

解:
$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = 2\vec{i} - 2t\vec{j}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = -2\vec{j}$$

小结:

位矢 \vec{r} 位移 $\Delta\vec{r}$ 速度 \vec{v} 加速度 \vec{a}

★ 位矢: 反映质点某一时刻的位置

★ 位移: 反映质点一段时间内的位置变化

★ 速度: 反映质点位置变化快慢

★ 加速度: 反映质点速度变化快慢

直角坐标系中四个物理量的表示

★ 位矢: $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

★ 位移: $\Delta\vec{r} = \Delta x\vec{i} + \Delta y\vec{j} + \Delta z\vec{k}$

★ 速度: $\vec{v} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$

★ 加速度: $\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$

已知
运动函数

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

轨道方程

消去 t , 得到轨道方程 $f(x,y,z)=0$

速度
加速度

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

速率
加速度大小

$$v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$
$$a = |\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$