一　参考系　质点

1　参考系

为描述物体的运动而选择的参考物叫做参考系.

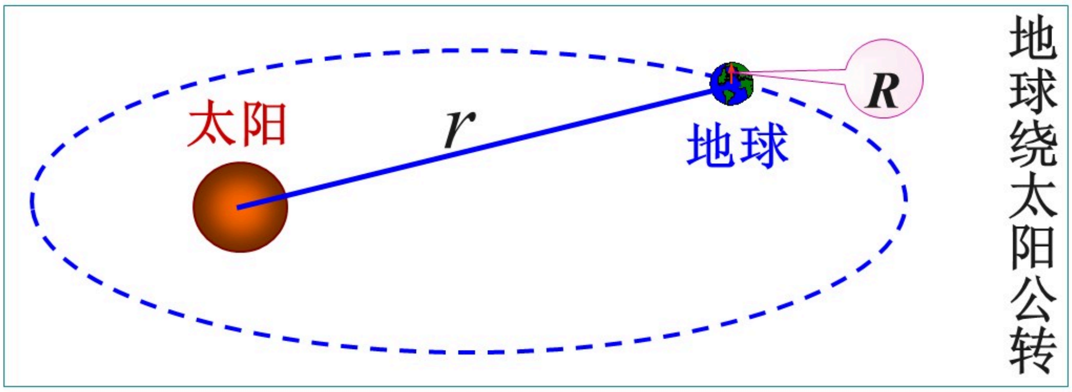
➢　选取的参考系不同，对物体运动情况的描述不同，这就是运动描述的相对性.

➢　坐标系：参考系的数学抽象.

2 质点

如果我们研究某一物体的运动，而可以忽略其大小和形状对物体运动的影响，若不涉及物体的转动和形变，我们就可以把物体当作是一个具有质量的点（即质点）来处理 .

➢　物体能否抽象为质点，视具体情况而定.



地——日间平均距离 r ： 1.5×10^{8} km

地球半径 R ： 6.37×10^{3} km $<<$ r

➢　质点是经过科学抽象而形成的理想化的物理模型 . 目的是为了突出研究对象的主要性质，暂不考虑一些次要的因素，这将使所研究的问题大大简化 .

多选题 1分

对质点来说，可以忽略的是（　　）

A 质量

B 形状

C 大小

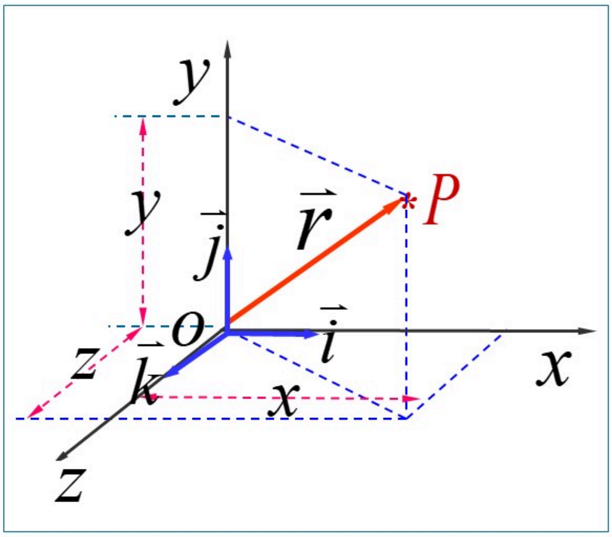
D 形变

二　位置矢量　运动方程　位移

1　位置矢量

确定质点P某一时刻在坐标系里的位置的物理量称位置矢量，简称位矢$\vec{r}$.

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

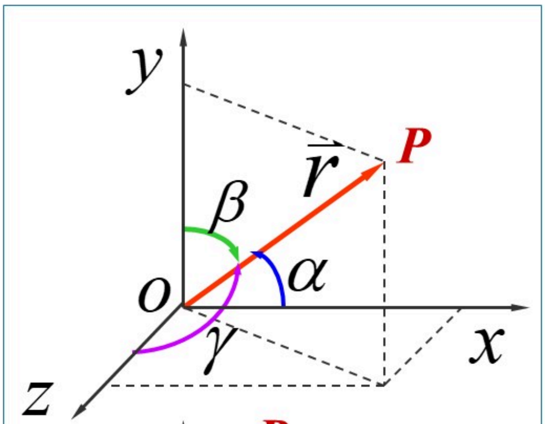


式中$\vec{i}$、$\vec{j}$、$\vec{k}$分别为x、y、z方向的单位矢量.

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

位矢 $\vec{r}$ 的方向余弦

$$\begin{cases}\cos\alpha = x/r \\ \cos\beta = y/r \\ \cos\gamma = z/r\end{cases}$$



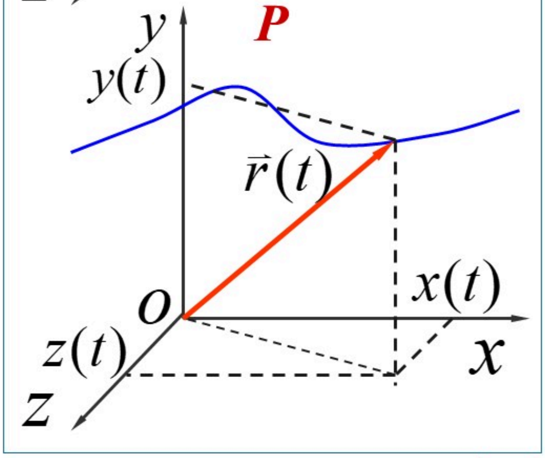
2 运动方程

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

分量式 $\begin{cases}x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t)\end{cases}$

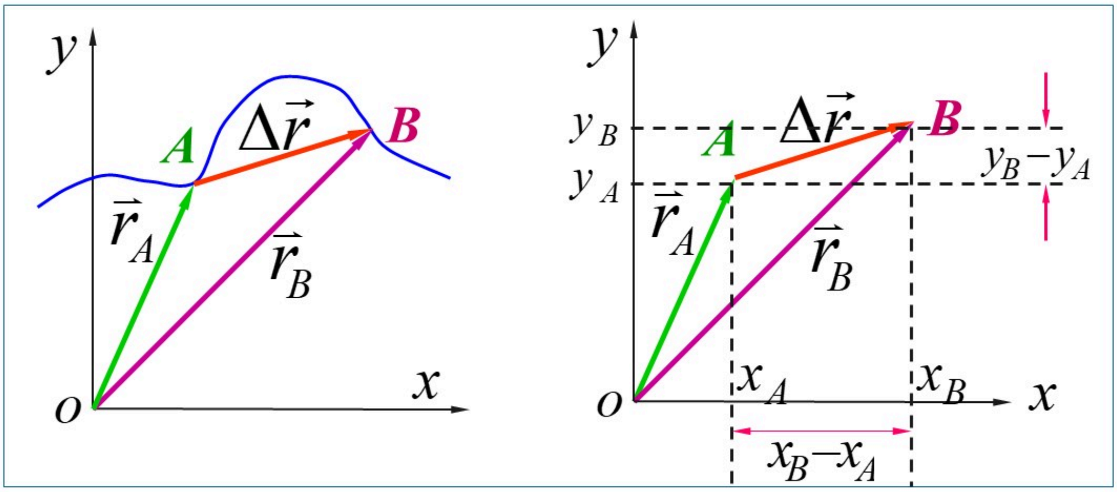
从中消去参数 t 得轨迹方程

$$f(x,y,z)=0$$



1 – 1 质点运动的描述
物理学教程（第三版）

3 位移



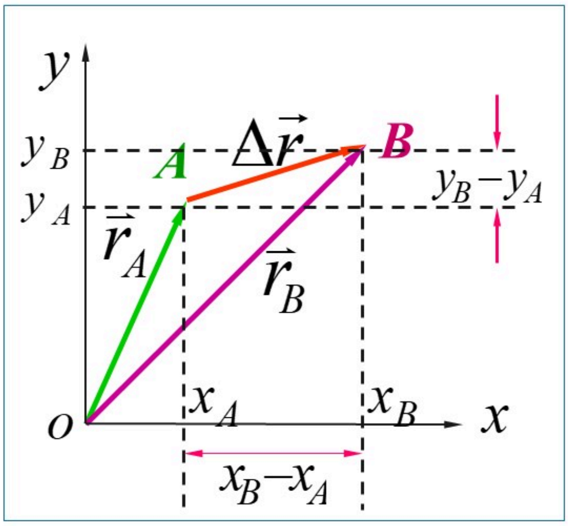
经过时间间隔 Δt 后，质点位置矢量发生变化，把由始点 ***A*** 指向终点 ***B*** 的有向线段 $\Delta\vec{r}$ 称为点 ***A*** 到 ***B*** 的位移矢量，简称位移. $\Delta\vec{r} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$

$$\vec{r}_A = x_A\vec{i} + y_A\vec{j}$$

$$\vec{r}_B = x_B\vec{i} + y_B\vec{j}$$

位移 $\Delta\vec{r} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$

$$= (x_B - x_A)\vec{i} + (y_B - y_A)\vec{j}$$



若质点在三维空间中运动

$$\Delta\vec{r} = (x_B - x_A)\vec{i} + (y_B - y_A)\vec{j} + (z_B - z_A)\vec{k}$$

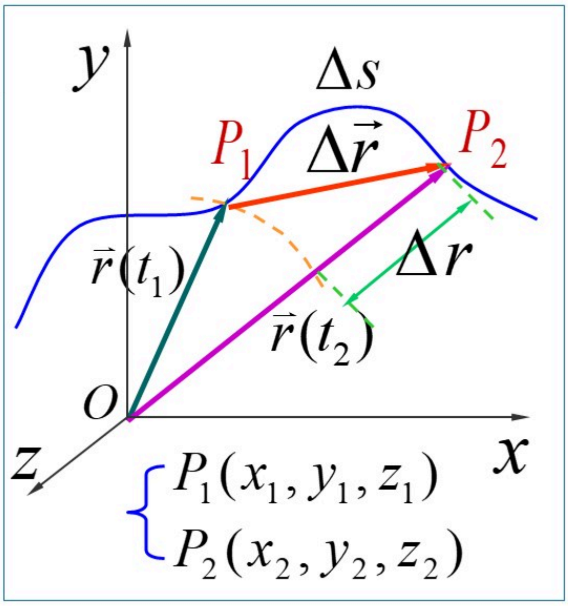
位移的大小为 $|\Delta\vec{r}| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$

4 路程（Δs）：质点实际运动轨迹的长度.

位移的物理意义

A) 确切反映物体在空间位置的变化, 与路径无关，只决定于质点的始末位置.

B） 反映了运动的矢量性和叠加性.



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

$$|\Delta\vec{r}| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$$

注意

$|\Delta\vec{r}| \neq \Delta r$ 位矢长度的变化

$$\Delta r = \sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z_2^2} - \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2}$$

讨论 位移与路程

（A）P_1P_2 两点间的路程是不唯一的，可以是Δs或$\Delta s'$ 而位移$\Delta\vec{r}$是唯一的.

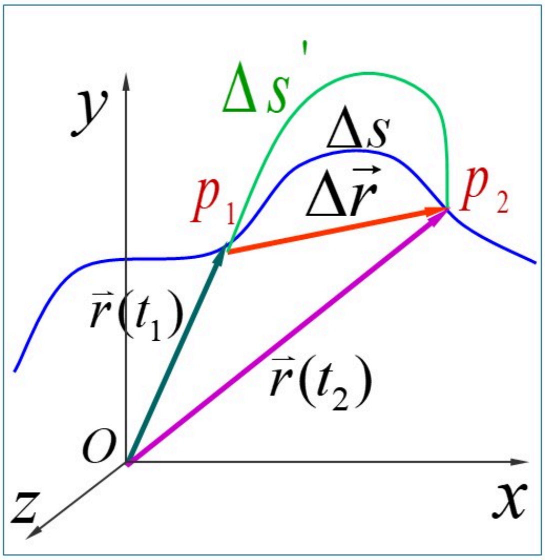
（B） 一般情况，位移大小不等于路程.

$$|\Delta\mathrm{\vec{r}}| \neq \Delta s$$

（C）什么情况$|\Delta\vec{r}| = \Delta s$？

不改变方向的直线运动；当 $\Delta t \to 0$ 时 $|\Delta\vec{r}| = \Delta s$.

（D）位移是矢量，路程是标量.



单选题 1分

位置矢量、位移矢量、路程的符号表示分别是

A $\vec{r}$，$\Delta\vec{r}$，Δs

B $\Delta\vec{r}$，Δs，$\vec{r}$

C Δs，$\vec{r}$，$\Delta\vec{r}$

D $\Delta\vec{r}$，$\vec{r}$，Δs

单选题 1分

位移的大小为 $|\Delta\vec{r}|=\sqrt{(x-y)^2+(y-z)^2+(z-x)^2}$

A **正确**

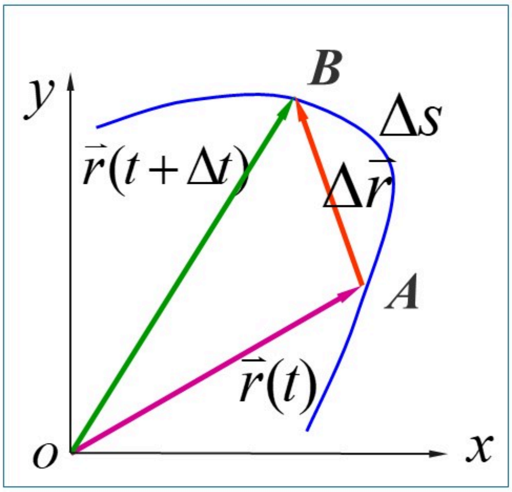
B **错误**

三 速度

1 平均速度

在Δt时间内，质点从点 *A* 运动到点 *B*，其位移为

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



Δt时间内，质点的平均速度

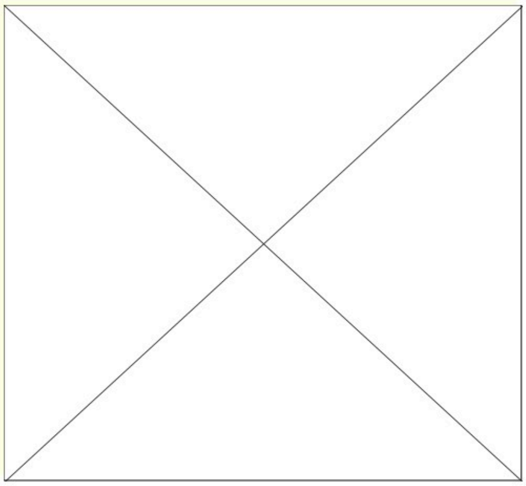
$$\bar{\vec{v}}=\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}=\frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i}+\frac{\Delta y}{\Delta t}\vec{j}$$

或 $\bar{\vec{v}}=\bar{v}_x\vec{i}+\bar{v}_y\vec{j}$ 平均速度 $\bar{\vec{v}}$ 与 $\Delta\vec{r}$ 同方向.

平均速度大小 $|\bar{\vec{v}}|=\sqrt{(\frac{\Delta x}{\Delta t})^2+(\frac{\Delta y}{\Delta t})^2}$

2 瞬时速度

当 $\Delta t \to 0$ 时平均速度的极限值叫做瞬时速度，简称速度



$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t}$$

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i} + \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta t}\vec{j}$$

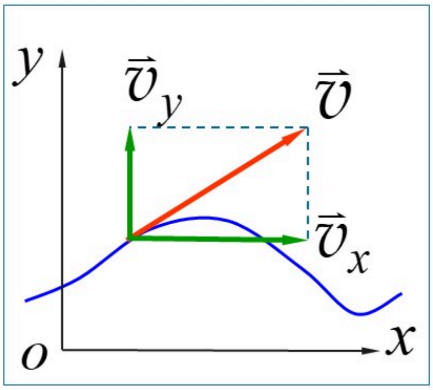
当 $\Delta t \to 0$ 时，$\left|\mathrm{d}\vec{r}\right| = \mathrm{d}s$

$$\vec{v} = \frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}\vec{e}_{\mathrm{t}}$$

当质点做曲线运动时，质点在某一点的速度方向就是沿该点曲线的切线方向.

$$\vec{v} = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\vec{i} + \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\vec{j}$$

$$\vec{v} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j}$$



若质点在三维空间中运动，其速度为

$$\vec{v} = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\vec{i} + \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\vec{j} + \frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}\vec{k}$$

瞬时速率：速度 $\vec{v}$ 的模称为速率

$$\because \ \vec{v} = \frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}\vec{e}_{\mathrm{t}}$$

$$v = \left|\vec{v}\right| = \sqrt{(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t})^2 + (\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t})^2 + (\frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t})^2}$$

$$\therefore \ v = \frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$$

单选题 1分

关于速度和速率，以下说法错误的是（ ）

A **当$\Delta t \rightarrow 0$ 时平均速度的极限值叫做瞬时速度**

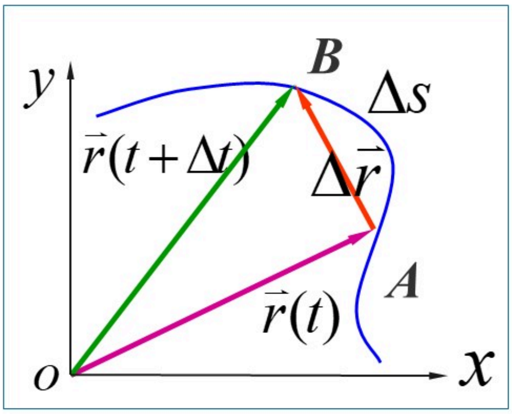
B **当质点做曲线运动时，质点在某一点的速度方向就是沿该点曲线的切线方向**

C **瞬时速度是矢量，平均速度和速率都是标量**

D **瞬时速度简称速度**

平均速率 $\overline{v} = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$

瞬时速率 $v = \dfrac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$



讨论

一运动质点在某瞬时位于矢径 $\vec{r}(x,y)$ 的端点处，其速度大小为

（A）$\dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}$ （B）$\dfrac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t}$

（C）$\dfrac{\mathrm{d}|\vec{r}|}{\mathrm{d}t}$ （D）$\sqrt{\left(\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\right)^2 + \left(\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\right)^2}$

四 加速度（反映速度变化快慢的物理量）

1）平均加速度

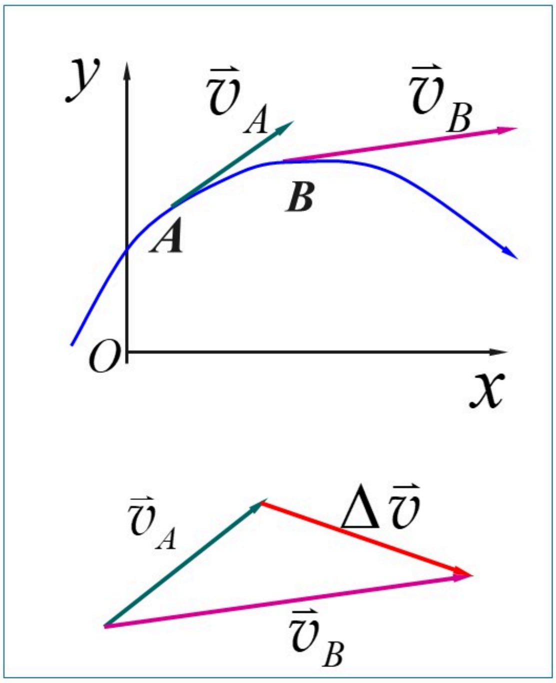
单位时间内的速度增量即平均加速度

$$\overline{\vec{a}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$\overline{\vec{a}}$ 与$\Delta\vec{v}$ 同方向.

2）（瞬时）加速度

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$$



1 – 1 质点运动的描述
物理学教程
(第三版)

加速度 $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} = \dfrac{\mathrm{d}^2\vec{r}}{\mathrm{d}t^2} = \dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}\vec{i} + \dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}\vec{j}$

加速度大小 $a = \lim\limits_{\Delta t \to 0}\left|\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}\right| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$

质点作三维运动时加速度为

$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$$

加速度大小

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

$$\begin{cases} a_x = \dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = \dfrac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2} \\ a_y = \dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t} = \dfrac{\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d}t^2} \\ a_z = \dfrac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t} = \dfrac{\mathrm{d}^2 z}{\mathrm{d}t^2} \end{cases}$$

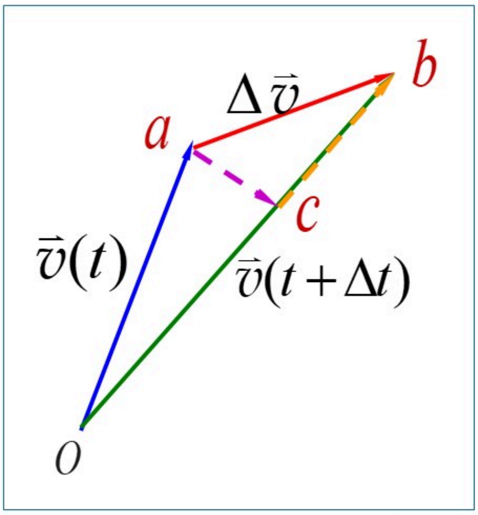
讨论 $\left|\Delta\vec{v}\right| \cancel{=} \Delta v$ 吗？

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

$$\left|\Delta\vec{v}\right| = \left|\vec{v}(t+\Delta t) - \vec{v}(t)\right|$$

在 Ob 上截取 $\overline{oc} = \overline{oa}$

有 $\Delta v = \overline{cb}$



$$\Delta\vec{v} = \overrightarrow{ac} + \overrightarrow{cb} = \Delta\vec{v}_{\mathrm{n}} + \Delta\vec{v}_{\mathrm{t}}$$

$\Delta\vec{v}_{\mathrm{n}} = \overrightarrow{ac}$ 速度方向变化

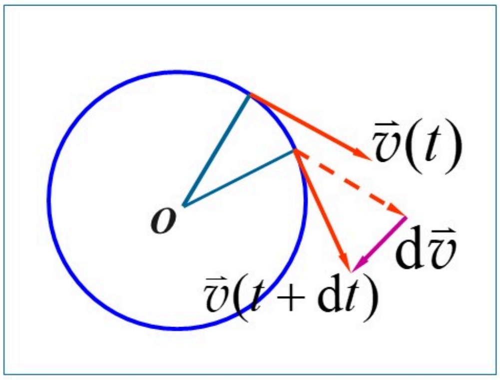
$\Delta\vec{v}_{\mathrm{t}} = \overrightarrow{cb}$ 速度大小变化

1 – 1 质点运动的描述

物理学教程（第三版）

讨论 问 $\left|\vec{a}\right| = a \cancel{=} \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$ 吗？

例 匀速率圆周运动



因为 $v(t) = v(t+\mathrm{d}t)$

所以 $\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} \equiv 0$

而 $a = \left|\vec{a}\right| = \left|\dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}\right| \neq 0$ 所以 $a \neq \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$