同学们好！

吴江文

数理系大学物理教研室

学好《大学物理》的几点建议

注意与中学物理的衔接：需要多方面的“软件升级”——

默认微积分在大学物理中应用，及其必要性和实用性。即这是不言而喻的。

默认“矢量”语言。我们使用的语言，不仅包含有矢量的“点乘”和“叉乘”，还有矢量函数，以及矢量函数的微积分运算。

几点要求：

1．课前尽量预习；

2．上课认真听讲，要求记笔记；

3．课后认真复习，作业要独立完成，按时交作业；

4．一些基本的概念要求记住，重要的公式要求会推导。

注意事项：

1. 总评成绩=平时成绩*X%+考试成绩*Y%+实验成绩*Z%；

2. 平时成绩=（交作业次数+点名次数）/总次数；

3. 作业用B5纸双面打印，由班长去复印店统一打印。

4. 布置作业后的下周一，课代表收作业，并按学号排序交给我;

班级	课代表姓名 课代表电话	班长姓名 班长电话	辅导员姓名 辅导员电话

第一篇 力学

1．什么是力学

力学——研究机械运动及其规律的物理学分支。

2．力学的分类

根据研究内容分类

运动学（**Kinematics**）——研究物体运动的规律

动力学（**Dynamics**） ——研究物体运动的原因

3．数学工具——微积分和矢量

第一章 质点运动学

引言

§ 1-1 参考系与坐标系 质点

一、参考系与坐标系

二、质点

总结！

§ 1-2 运动的描述

一、描述质点运动的基本物理量 总结！

二、运动学中的两类问题

§1-1　参考系与坐标系　质点

- 机械运动：物体的位置随时间发生变化的运动。
  最简单、最重要的运动

一、参考系与坐标系

(一) 运动的绝对性和相对性

1、运动是绝对的：

任何物体任何时刻都在不停地运动着

2、运动又是相对的：

运动的描述是相对其他物体而言的

(二)　参考系

为了描述一个物体的运动，必须选择另一个物体作为参考，被选作参考的物体称为参考系。

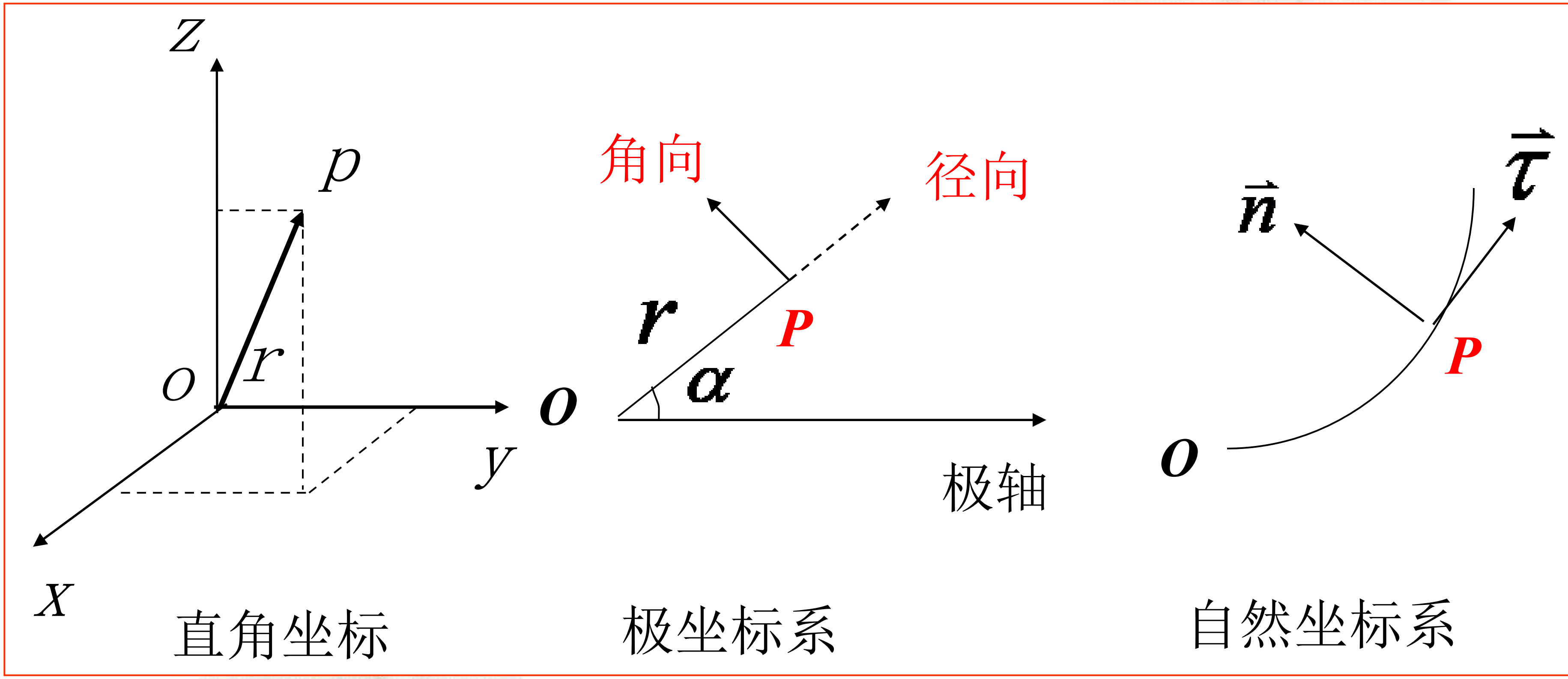
注意　参考系不一定是静止的

(1)(运动学中)参考系可任选,若不指明,一般则认为以地面为参考系。
(2)不同参考系对物体运动的描述不同

（三）坐标系

坐标系 —— 为了定量的描述物体的运动，在选定的参考系上建立的带有标尺的数学坐标,简称坐标系。坐标系是固结于参考系上的一个数学抽象。

常见的坐标系： 直角坐标系，极坐标系，柱坐标系，球坐标系，自然坐标……



在曲线上的各点固结一系列由当地的切线和法线所组成的坐标系称自然坐标系

二　质点

理想化模型

质点 → 没有大小和形状，只具有全部质量的一点。

可以将物体简化为质点的两种情况：

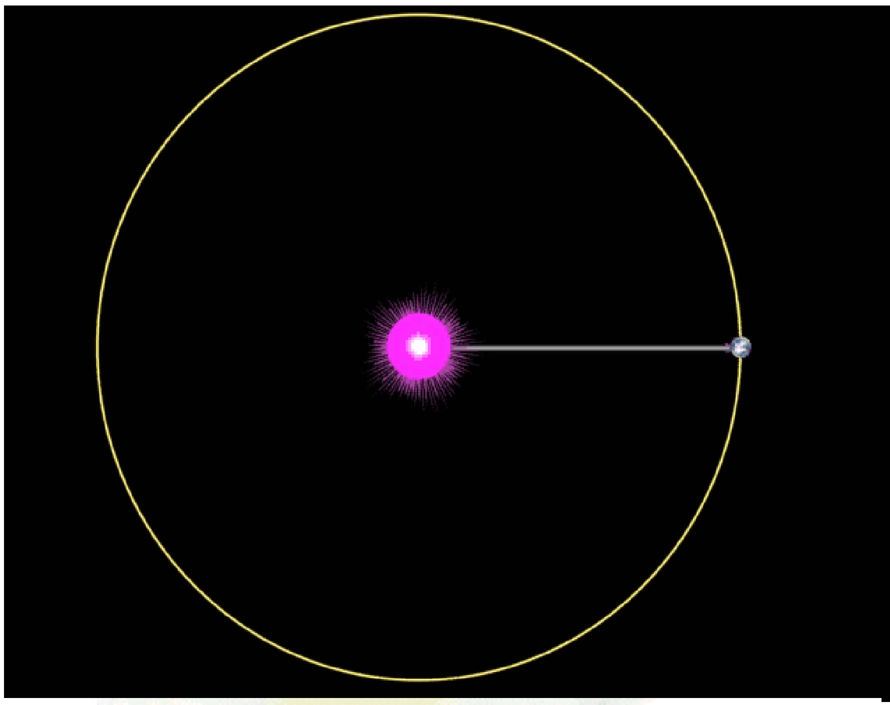
★物体不变形，不作转动(此时物体上各点的速度及加速度都相同，物体上任一点可以代表所有点的运动)。

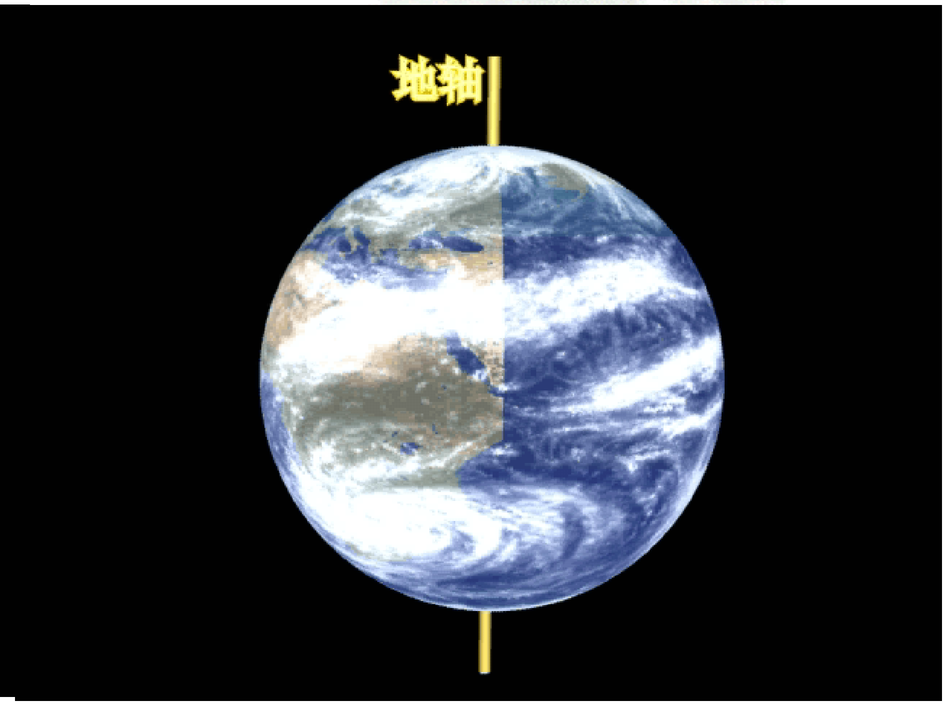
★物体本身线度和它活动范围相比小得很多(此时物体的变形及转动显得并不重要)。

例如：

研究地球公转时

当研究地球自转时





小　结

- 选择合适的参考系，

  以方便确定物体的运动性质；

- 建立恰当的坐标系，

  以定量描述物体的运动；

- 提出准确的物理模型，

  以突出问题中最基本的运动规律。

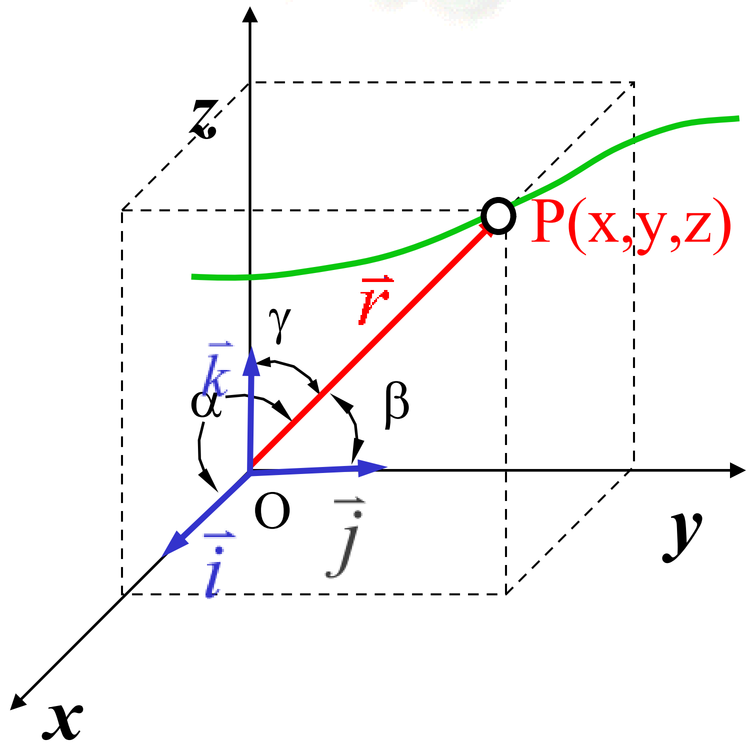
§1-2 运动的描述

一、描述质点运动的基本物理量

1. 位置矢量 $\vec{r}$ ---描述某时刻质点空间位置的物理量

- 定义：由坐标原点指向质点所在位置的矢量

- 直角坐标描述



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

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ ---三个坐标轴的单位矢量

大小：$r=|\vec{r}|=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$

方向：$\cos\alpha=\dfrac{x}{r}$，$\cos\beta=\dfrac{y}{r}$，$\cos\gamma=\dfrac{z}{r}$

$$\cos^2\alpha+\cos^2\beta+\cos^2\gamma=1$$

特性： 矢量性、瞬时性、相对性

•质点的运动方程

$\vec{r}$：随时间变化的函数

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

在直角坐标系中，质点运动方程表示为

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

运动学的重要任务之一，就是找出各种具体运动所遵循的运动方程。

- 质点运动的轨迹方程

由运动方程写出对应的参数方程

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \xrightarrow{\text{消去参数 } t} \text{质点运动的轨迹方程}$$

例平抛运动的运动方程

$$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \dfrac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

消 t 后

得轨迹方程

$$y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$$

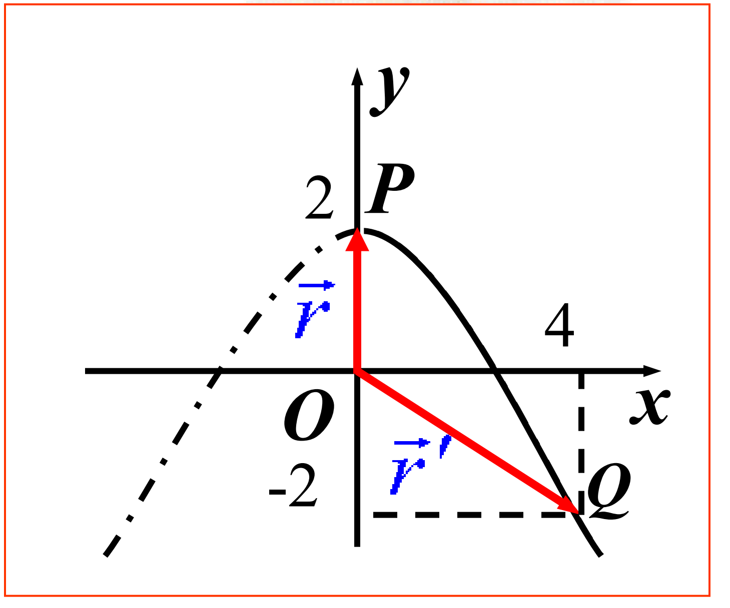
例1. 已知质点的运动方程 $\vec{r} = 2t\vec{i} + (2-t^2)\vec{j}$

求： (1) 质点的轨迹。

(2) $t=0$ 及 $t=2\text{s}$ 时，质点的位置矢量。

解：(1)先写参数方程

$$\begin{cases} x = 2t \\ y = 2 - t^2 \end{cases}$$



消去t 得轨道方程

$$y = 2 - \frac{x^2}{4}$$

(2) 位置矢量

$t = 0$ 时， $x = 0 \quad y = 2 \qquad \vec{r} = 2\vec{j}$

$t = 2$ 时， $x = 4 \quad y = -2 \qquad \vec{r}\,' = 4\vec{i} - 2\vec{j}$

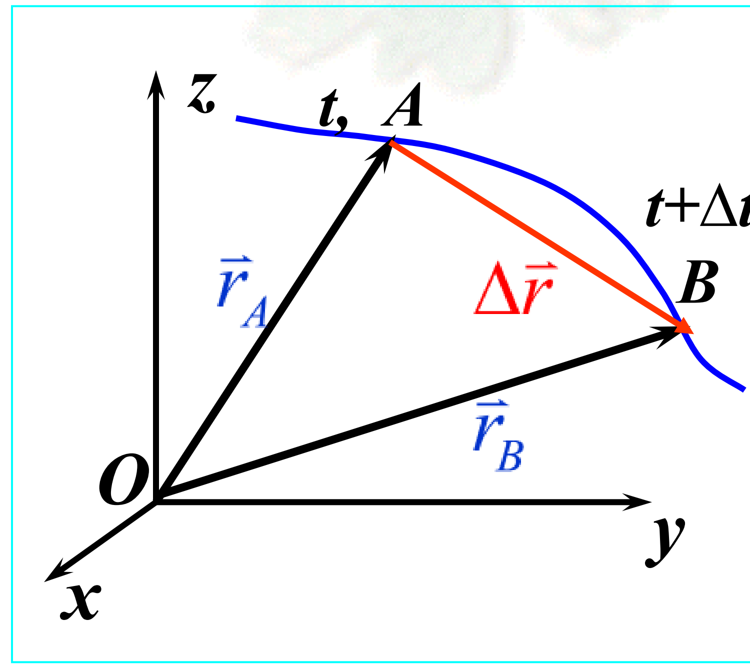
2. 位移矢量$\Delta\vec{r}$

描述质点位置变化（大小和方向）的物理量

- 定义：由初位置指向末位置的矢量

设质点 t时刻：A, $\vec{r}_A$

$t+\Delta t$ 时刻：B, $\vec{r}_B$



- 数学表达式

$$\overrightarrow{AB} = \vec{r}_B - \vec{r}_A = \Delta\vec{r}$$

$\overrightarrow{AB}$：位移矢量

$\vec{r}_B$：末位矢

$\vec{r}_A$：初位矢

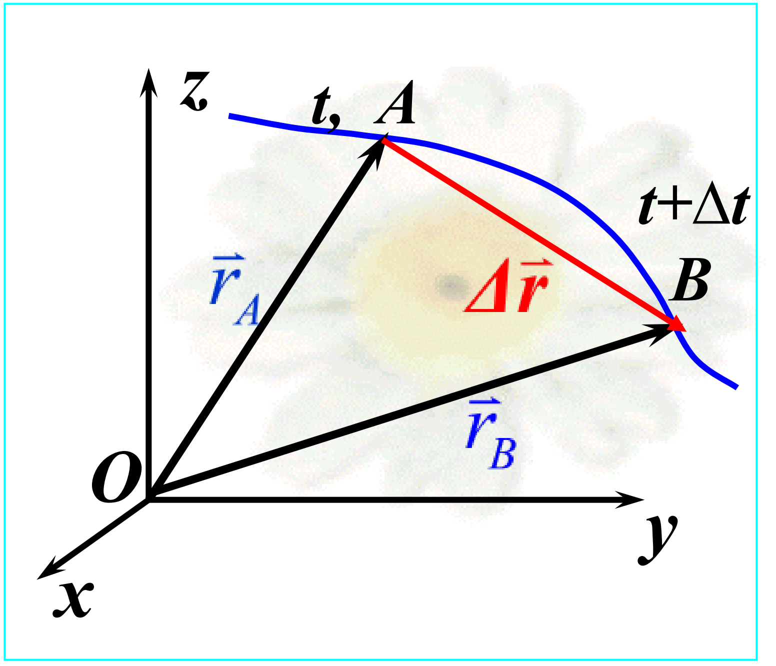
$\Delta\vec{r}$：位矢增量

特性：矢量性、相对性

直角坐标表示

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

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



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

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

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

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

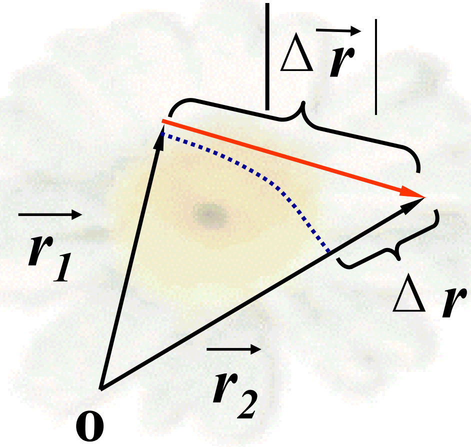
注意

★位移是矢量，有大小和方向

★ Δr 与 $\Delta\vec{r}$ 的区别

$$\Delta r = |\vec{r}_2| - |\vec{r}_1| \qquad \Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

$$|\Delta\vec{r}| \geq \Delta r$$

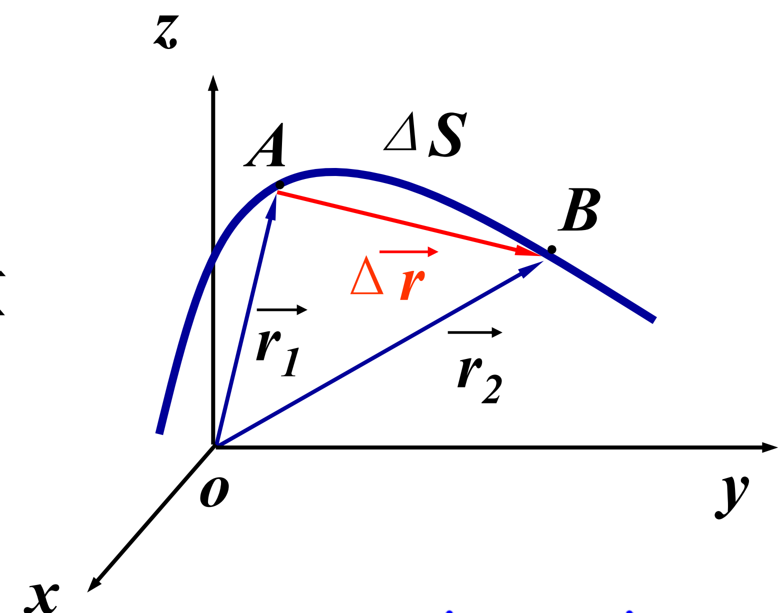


★ Δs 与 $\Delta\vec{r}$ 的区别

Δs 为路程(轨道长度)，是标量

★ $\Delta t \to 0 \quad |d\vec{r}| = ds$

元位移的大小 = 元路程



$$\Delta s \geq |\Delta\vec{r}|$$

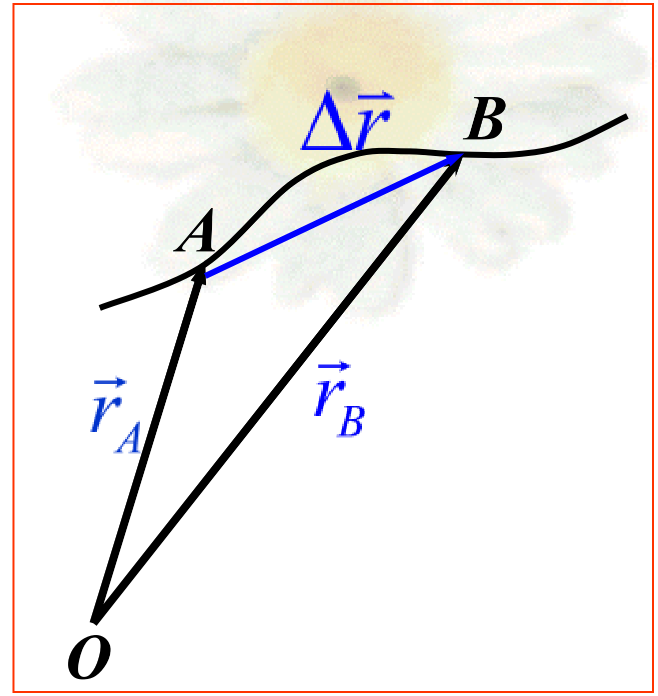
3. 速度矢量 $\vec{v}$

描述质点运动的快慢和方向

粗略描述： t时刻： A, $\vec{r}_A$

$t+\Delta t$ 时刻: $B, \vec{r}_B$

位移： $\Delta\vec{r}$



平均速度： $\bar{\vec{v}} = \dfrac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$

物理思想？

类比

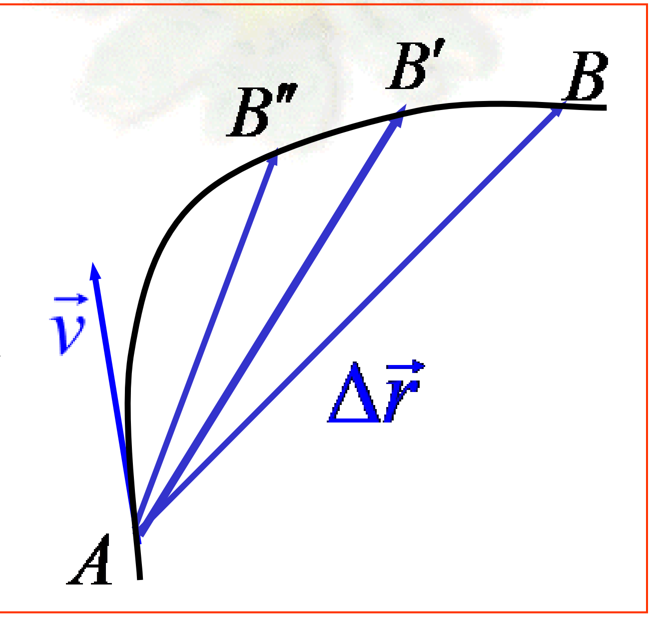
变速运动 ………… 总效果相同的匀速直线运动

精确描述：

瞬时速度：

•定义 当$\Delta t \to 0$时，B点趋于A点，

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



速度是位矢对时间的一阶导数，方向沿轨道上质点所在处的切线，指向前进的一侧。

注意： 说两个速度相同时，指速度的大小和方向均相同。

特性： 矢量性、瞬时性、相对性

在直角坐标系中： $\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}=\frac{dx}{dt}\vec{i}+\frac{dy}{dt}\vec{j}+\frac{dz}{dt}\vec{k}$

$$=v_x\vec{i}+v_y\vec{j}+v_z\vec{k}$$

速度的大小： $|\vec{v}|=\sqrt{v_x^2+v_y^2+v_z^2}$

讨论

平均速率 $\bar{v}=\frac{\Delta s}{\Delta t}$

瞬时速率 $v=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta s}{\Delta t}=\frac{ds}{dt}$

(1) $|\bar{\vec{v}}|=\bar{v}$ ？

(2) $|\vec{v}|=v$ ？

(3) $\left|\frac{d\vec{r}}{dt}\right|=\frac{dr}{dt}$ ？

例： 已知：$\vec{r} = 2t\ \vec{i} + (2 - t^2)\ \vec{j}$ (SI)

求：**2s**末速度的大小

解一：

$$x = 2t \quad y = 2 - t^2$$

$$r = \sqrt{(2t)^2 + \left(2 - t^2\right)^2} = \sqrt{4 + t^4}$$

$$v = \frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t} = \frac{2t^3}{\sqrt{4 + t^4}}$$

$$t = 2 \quad v_2 = \frac{8\sqrt{5}}{5}\mathrm{m \cdot s^{-1}} = 3.58\mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

解二：

$$\vec{r} = 2t\ \vec{i} + \left(2 - t^2\right)\ \vec{j}$$

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

$$v_x = 2 \quad v_y = -2t$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 2\ \sqrt{1 + t^2}$$

$$t = 2 \quad v_2 = 2\sqrt{5}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}} = 4.47\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

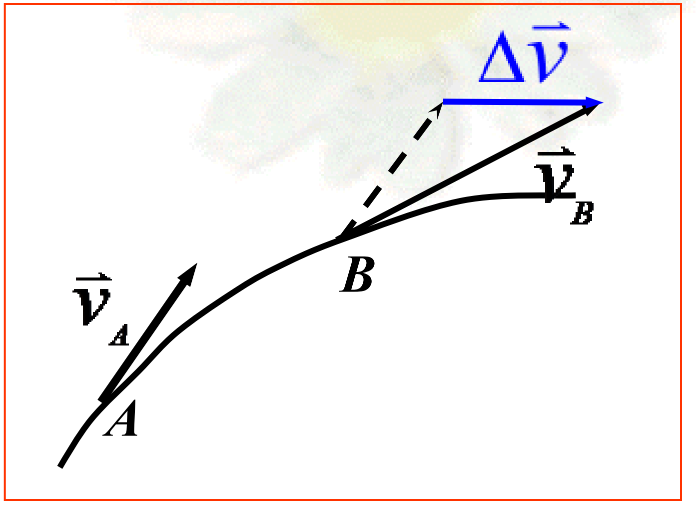
思考

判断正误并说明理由

4. 加速度矢量 $\vec{a}$

描述质点速度变化（大小和方向）的快慢

粗略描述



t时刻， A点 $\vec{v}_A$

$t+\Delta t$ 时刻，B 点， $\vec{v}_B$

Δt 时间内速度改变为

$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$$

$$\overline{\vec{a}} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$ ———平均加速度

瞬时加速度 —— 当Δt 趋于0时

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t}\right) = \frac{\mathrm{d}^2\vec{r}}{\mathrm{d}t^2}$$

加速度等于速度对时间的一阶导数，或位矢对时间的二阶导数。

特性： 矢量性、瞬时性、相对性

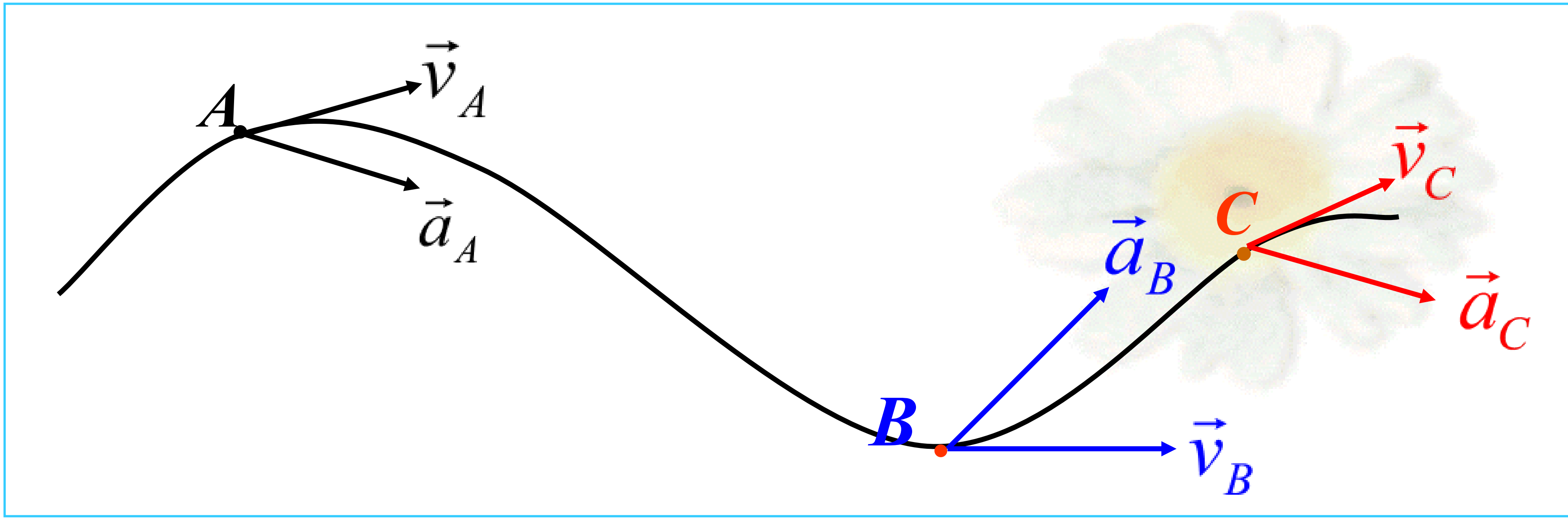
在直角坐标系中：

$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k} = \frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}\vec{i} + \frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}\vec{j} + \frac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}\vec{k}$$

$$= \frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2}\vec{i} + \frac{\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d}t^2}\vec{j} + \frac{\mathrm{d}^2 z}{\mathrm{d}t^2}\vec{k}$$

$$\vec{a}\begin{cases} \text{大小} \left|\vec{a}\right| = \lim\limits_{\Delta t \to 0}\left|\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}\right| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \\ \text{方向：} \Delta t \to 0 \text{时，} \Delta\vec{v} \text{ 的极限方向} \end{cases}$$

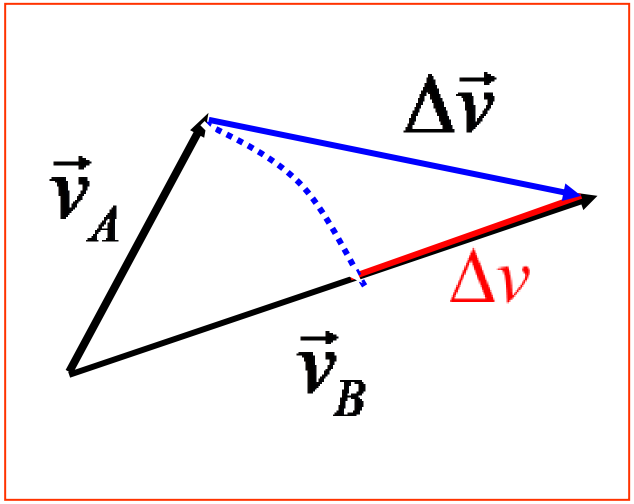
(指向曲线凹向)



思考：

$$\left|\frac{d\vec{v}}{dt}\right| = \frac{dv}{dt} \quad ?$$

$$\lim_{\Delta t \to 0}\frac{|\Delta\vec{v}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0}\frac{\Delta v}{\Delta t} \quad ?$$



小结

描述质点运动的基本物理量

位置：位矢 $\vec{r}, \ \vec{r}(t)$

位置变化：位移 $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$

位置变化率：速度 $\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t}$

速度变化率：加速度 $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} = \dfrac{\mathrm{d}^2\vec{r}}{\mathrm{d}t^2}$

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

注意

★矢量性：　四个量都是矢量，有大小和方向

加减运算遵循平行四边形法则

★瞬时性：$\vec{r}$　$\vec{v}$　$\vec{a}$ $\longrightarrow$ 某一时刻的瞬时量

不同时刻不同

$\Delta\vec{r}$ $\longrightarrow$ 过程量

★相对性：不同参照系中，同一质点运动描述不同

不同坐标系中，具体表达形式不同

预习：运动学中的两类问题

1、已知运动方程，求速度、加速度

→ 求导数

2、已知加速度和初始条件，求速度和运动方程

→ 运用积分方法