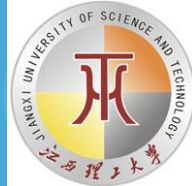


《大学物理》第一篇 力学

第一章 质点运动学

从笛卡儿的一句话说起...

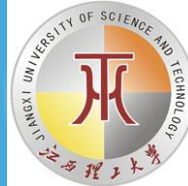


“给我物质和运动，我可以创造一个宇宙”



笛卡儿 (Descartes)
(1596–1650)
法国，数学家，
哲学家，物理学家

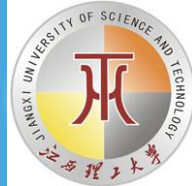
从笛卡儿的一句话说起...



万象纷呈之日月经天、斗转星移

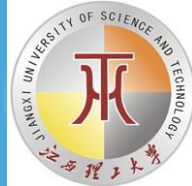


从笛卡儿的一句话说起...



万象纷呈之电闪雷鸣、云蒸霞蔚

从笛卡儿的一句话说起...



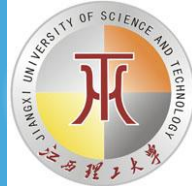
万象纷呈之地震海啸、火山爆发

最普遍、最基本的一种运动形式：

物体之间或物体各部分之间相对位置的变化

——机械运动

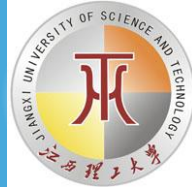
力学及其研究内容



机械运动之人体的运动



力学及其研究内容



机械运动之车辆的行驶、火箭的飞行、潜艇的航行

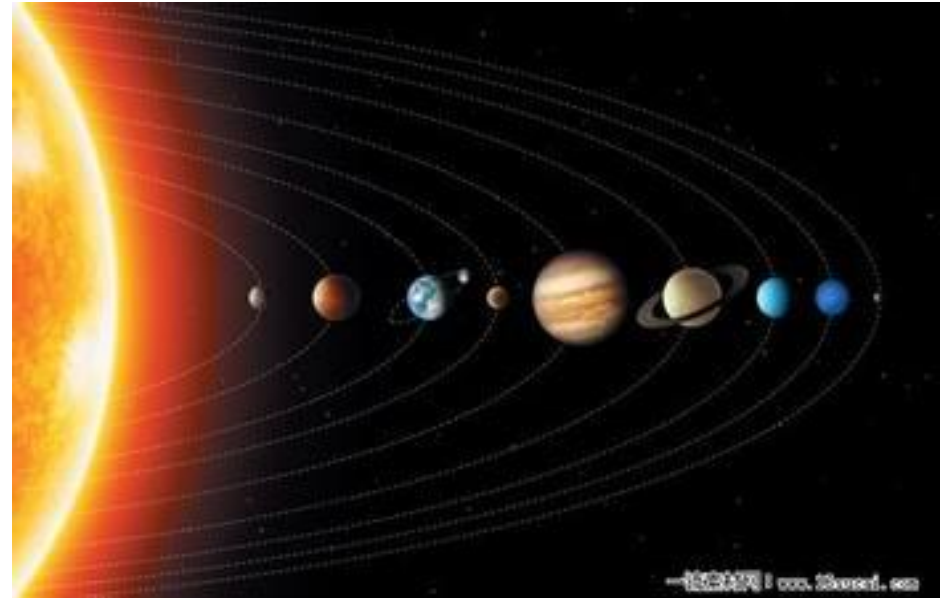
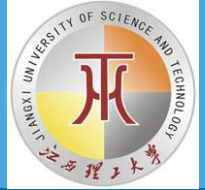


力学及其研究内容



机械运动之物体的滚动、转动和振动...

力学及其研究内容



机械运动之河水的流动、星体的运动...



力学及其研究内容



力学：研究机械运动及其规律的学科。

• **运动学** ——研究如何描述物体的运动，
以及各运动学量之间的关系。

• **动力学** ——研究物体运动与物体间相互作用的
内在联系。

(即在什么条件下，作什么样的运动)

• **静力学** ——研究物体在相互作用下的平衡问题
(不详细讨论)



- 客观物体的多样性
 - 物体运动形式的复杂性
- } 给描述物体的运动带来困难

解决问题的途径之一：

**在一定的条件下，建立一些理想的物理模型，
使主要规律凸显出来，也可使处理问题得以简化。**

力学第一讲

质点 参考系 位矢与位移

一、质点模型

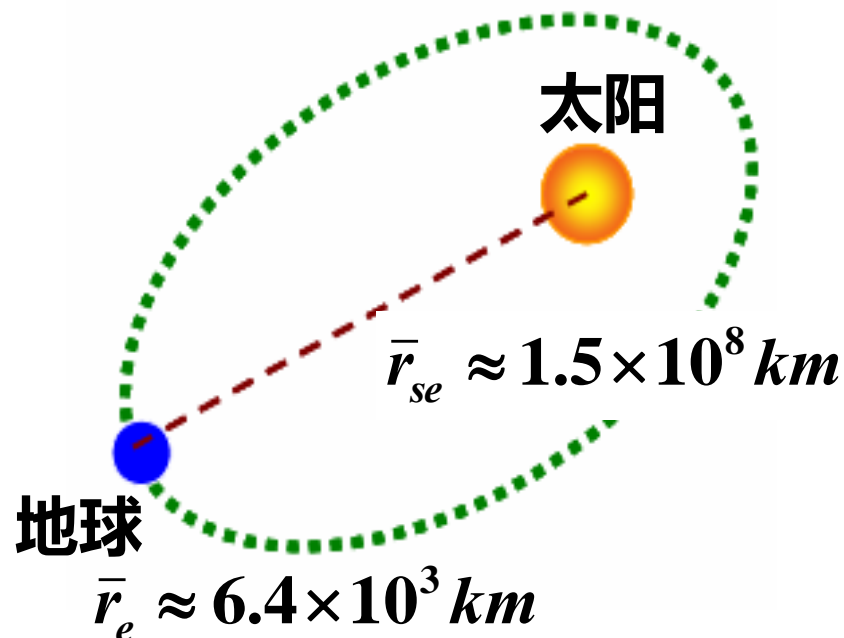
- 自然界的一切客观物体都有大小和形状。
- 物体在机械运动时，其运动情况可能较复杂。

例：地球的绕日运动

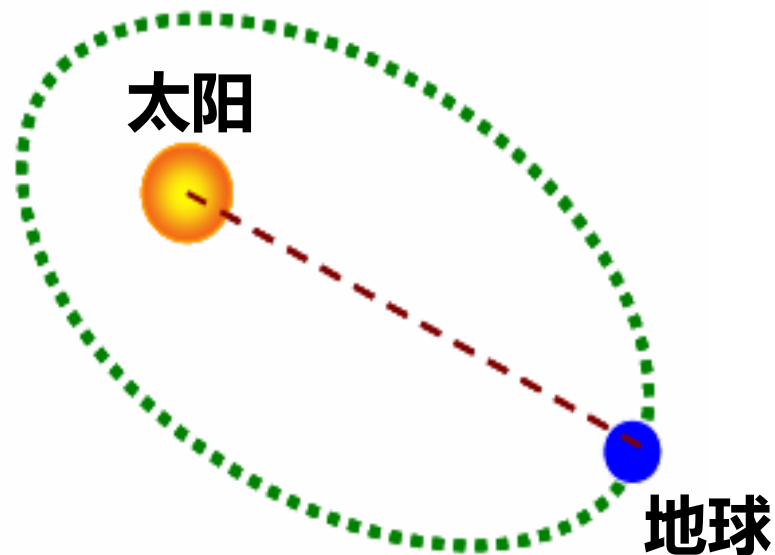
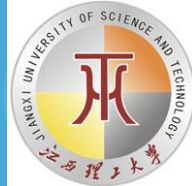
$$\bar{r}_{se} \approx 2.3 \times 10^4 \bar{r}_e$$

地球的大小、形状及其变化
对地球公转的影响可忽略

可以用一个具有地球全部质
量的点来代替整个地球



一、质点模型

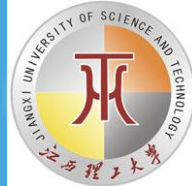


地球绕太阳的公转可简化为：

一个包含了地球全部质量的点绕太阳的转动

没有大小和形状但具有物体的全部质量的点
——质点

一、质点模型



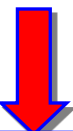
说明

1、质点是现实物体在**一定条件或情况下的合理抽象**。

- 目的：简化问题，突出问题的主要方面。
- 实质：理想模型（理想化方法之一）

用简化的理想模型/过程/实验代替实际对象/过程/实验

抓住主要矛盾



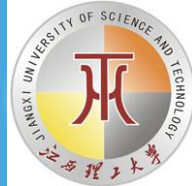
建立起描述理想模型/过程/实验的基本概念和规律



做出适当的修正，去逼近复杂的实际问题



一、质点模型



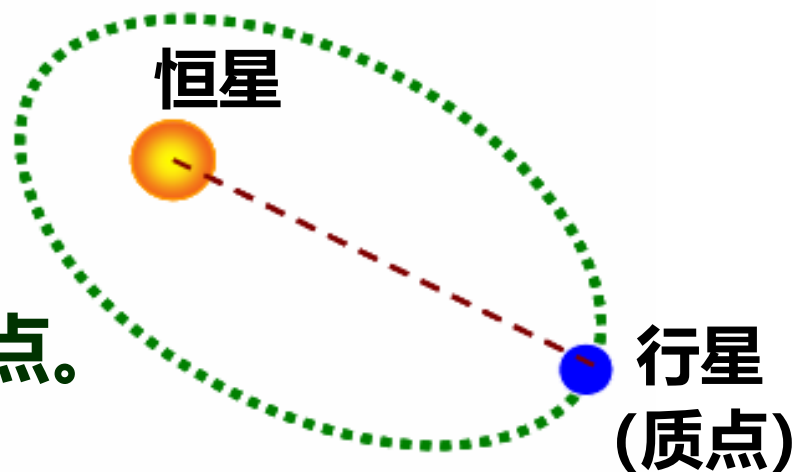
说明

1、质点是现实物体在**一定条件或情况下的合理抽象**。

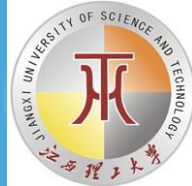
- 目的：简化问题，突出问题的主要方面。
- 实质：理想模型（理想化方法之一）
- 关键：在于所研究问题的性质。

如：讨论行星的公转时，

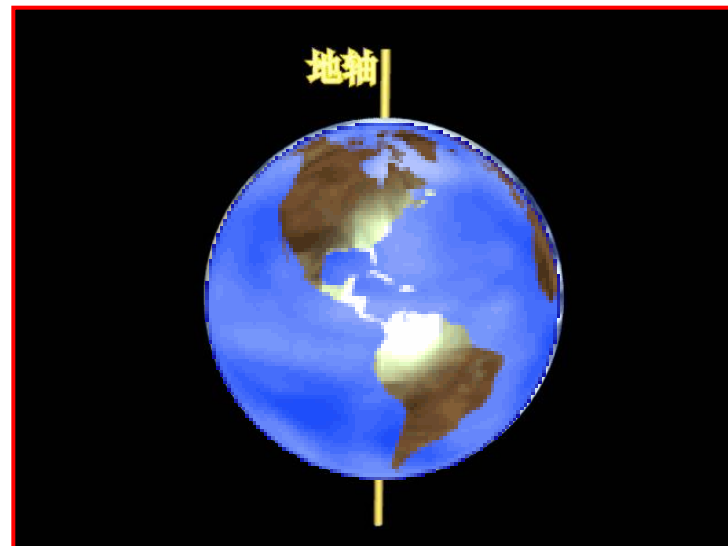
可以将之抽象为一个质点。



一、质点模型

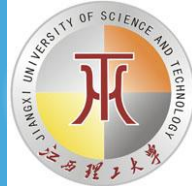


但讨论行星的自转时，
便不能将之抽象为一个质点。



即便是原子、分子这些微观粒子，当我们研究它们的某些运动（如自旋）时，也不能将它当作质点来看待。

一、质点模型

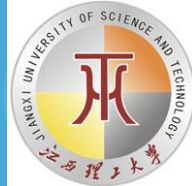


2、将物体视作质点的条件

- (1) 物体的大小、形状及其变化在所研究的问题中
可忽略；
- (2) 如果物体不转动、不变形，只有平移运动，
其上各点运动情况都相同，这时，物体的整体
运动也可用一个质点代替。

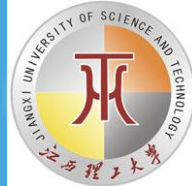


一、质点模型



- 当一个物体不能当作质点时，可以把整个物体看作是由许多质点组成的质点系。
- 分析这些质点的运动，就可以弄清楚整个物体的运动。
- 研究质点的运动是研究实际物体复杂运动的基础。

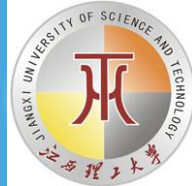
二、参考系与坐标系



- 运动是绝对的，但对运动的描述却是相对性



二、参考系与坐标系



1、参考系

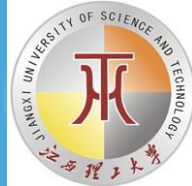
——为描述某一物体的运动而选作参考的其他物体或相对其静止的物体系。

说 明

(1) 运动的相对性决定描述物体运动必须选取参考系；但不存在绝对参考系，只存在相对参考系。

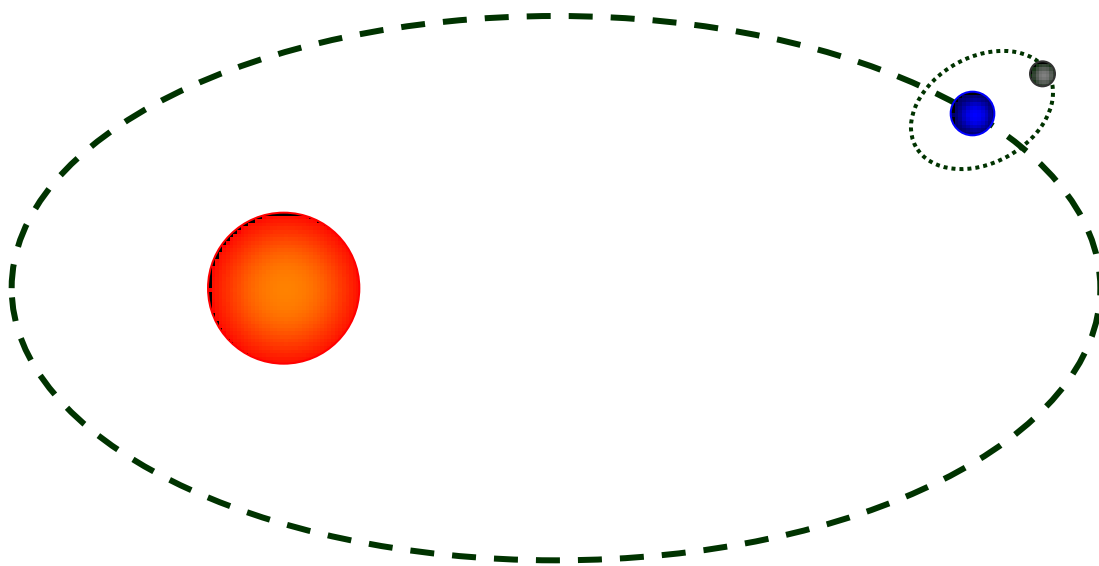


二、参考系与坐标系



**(2) 参考系的选择，原则上是任意的，
主要根据问题的性质和研究方便而定。**

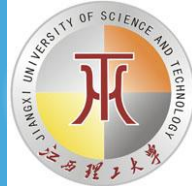
如：讨论地球的绕日公转运动时，宜以太阳为参考系；



而讨论月球绕于地的公转时，宜以地球为参考系。

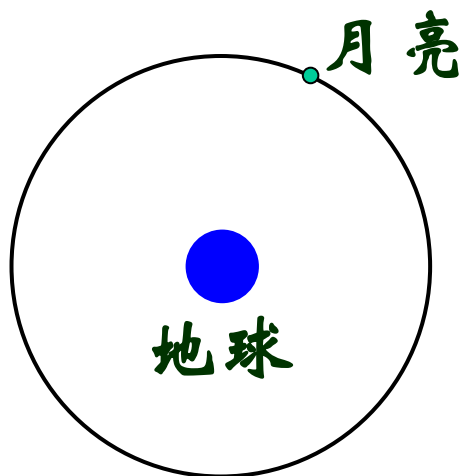


二、参考系与坐标系

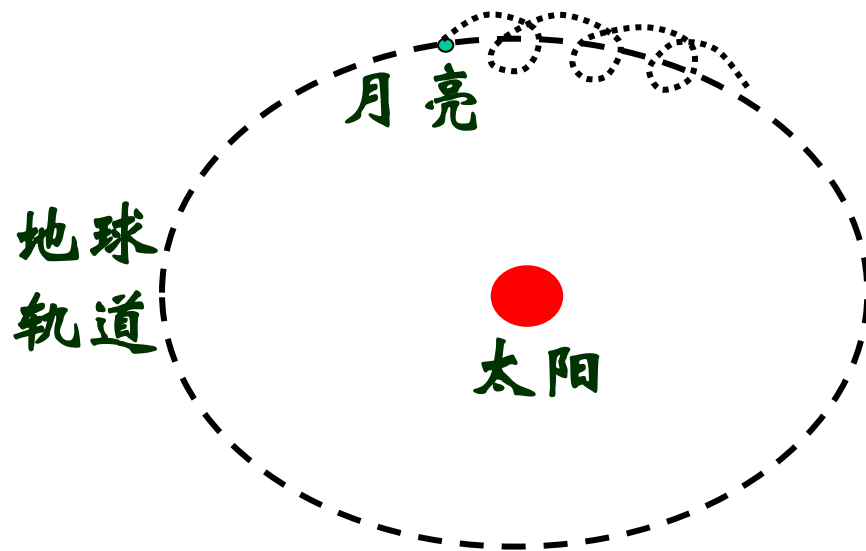


**(3) 在描述物体的运动时，必须指明参考系。
不同参考系中，对同一运动的描述一般不同。**

再如，对月球运动轨迹的描述：

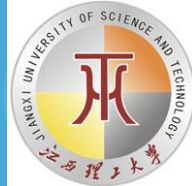


地球参考系：椭圆或圆



太阳参考系：封闭螺旋线

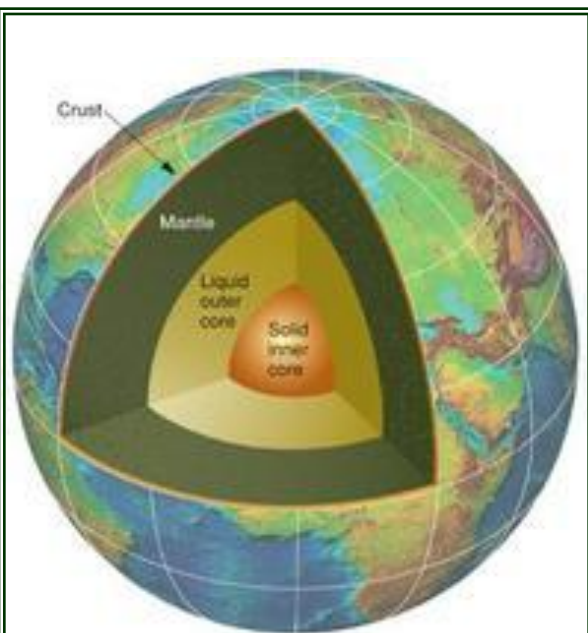
二、参考系与坐标系



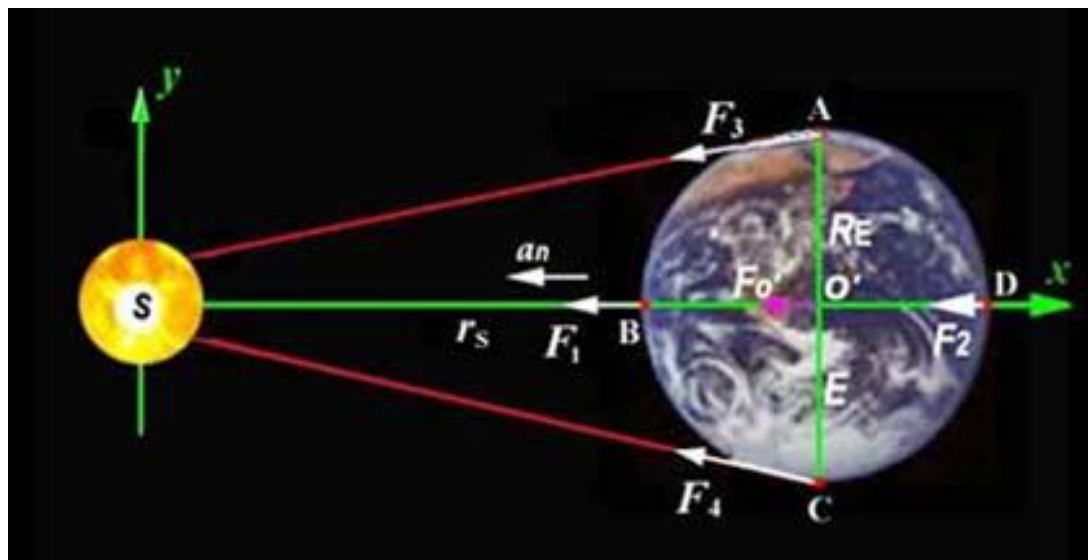
•常用参考系之地面参考系
(实验室参考系)



二、参考系与坐标系



•地心参考系

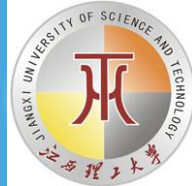


•恒星参考系（如太阳参考系）

•其他：质心参考系

若不指明参考系，则认为以地面为参考系。

二、参考系与坐标系



2、坐标系

——固定在参照空间的一组坐标轴及相应的坐标

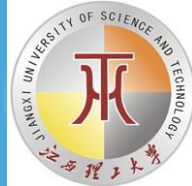
说明

(1) 坐标原点一般选在参考系上，并取通过原点且标有单位长度的有向直线作为坐标轴。

→ 坐标系是由参考系抽象而成的数学框架



二、参考系与坐标系



大学物理中常用的坐标系：

• 直角坐标系

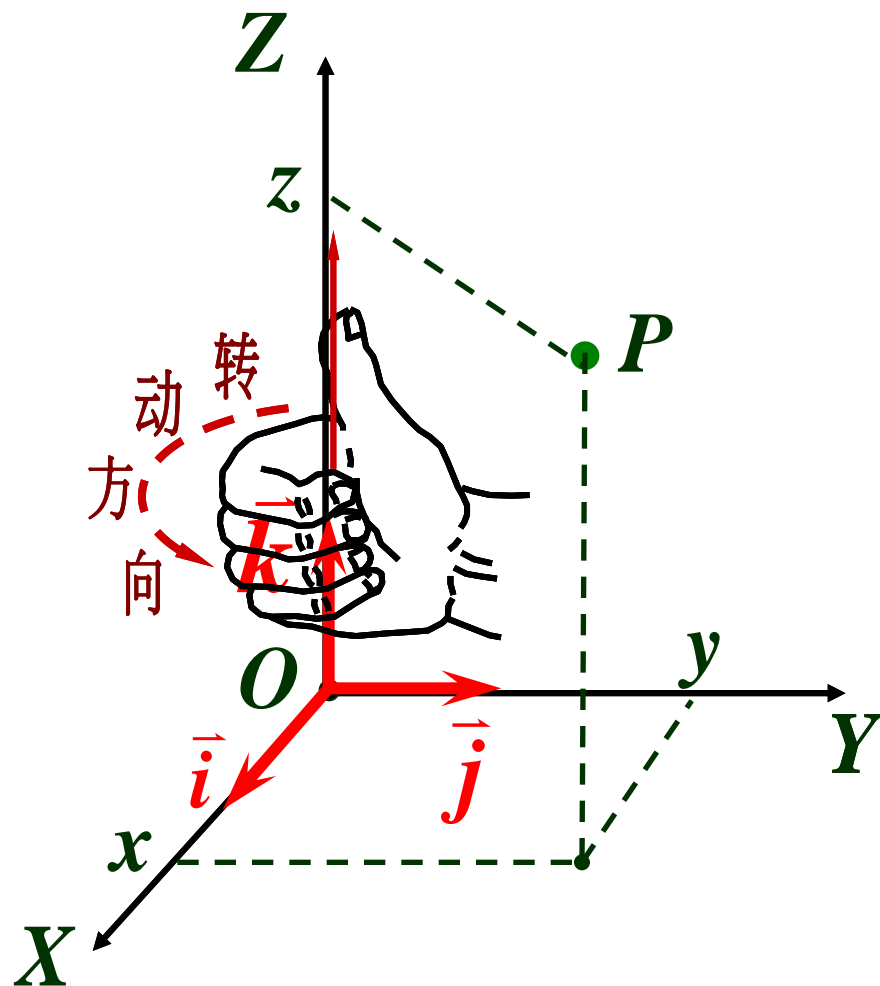
X 轴正向单位矢量： \vec{i}

Y 轴正向单位矢量： \vec{j}

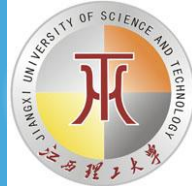
Z 轴正向单位矢量： \vec{k}

(规定选用右手系)

P 点坐标 (x, y, z)



二、参考系与坐标系



大学物理中常用的坐标系：

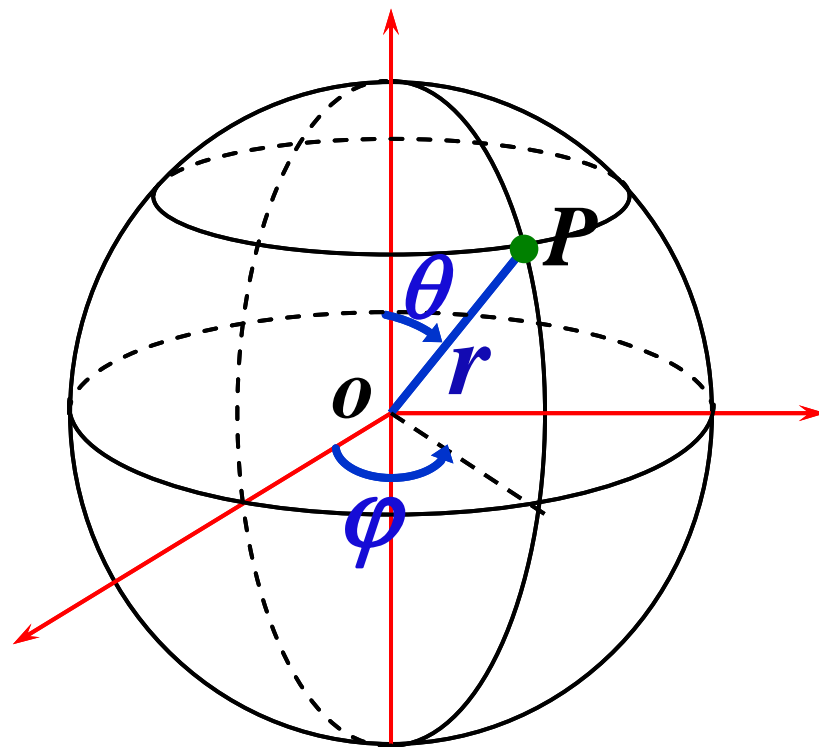
• 球坐标系

到原点的距离： r

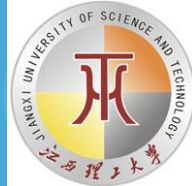
纬度角： θ

经度角： φ

P 点坐标 (r, θ, φ)



二、参考系与坐标系

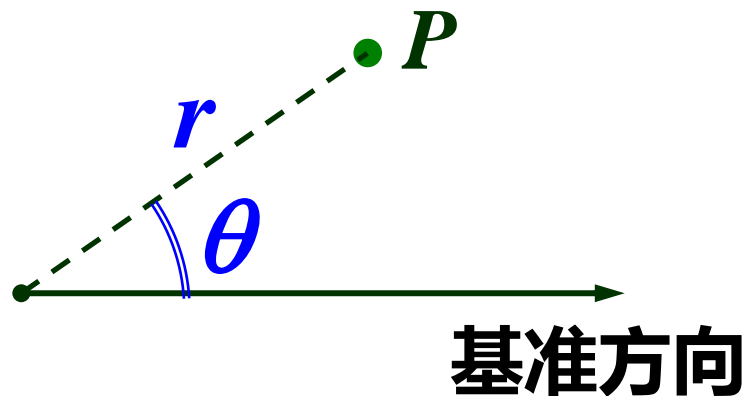


大学物理中常用的坐标系：

- 极坐标系（平面坐标系）

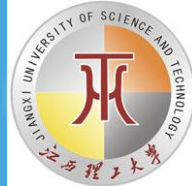
到原点的距离： r

与基准方向的夹角： θ



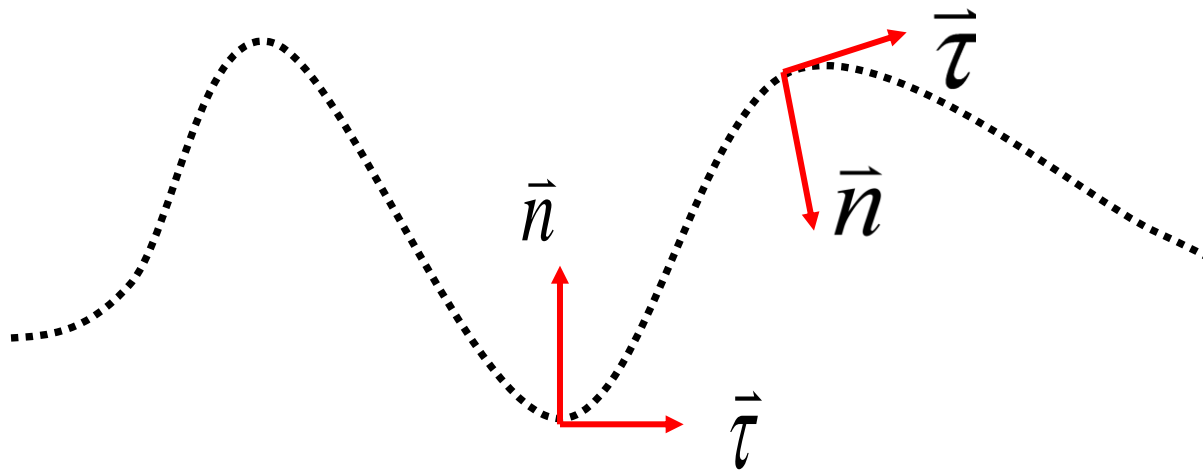
P 点坐标 (r, θ)

二、参考系与坐标系



大学物理中常用的坐标系：

- 平面自然坐标系



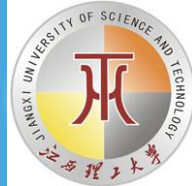
切向单位矢量 $\vec{\tau}$

法向单位矢量 \vec{n}

特点：轨迹上各点处，自然坐标轴的方位不断变化。



二、参考系与坐标系



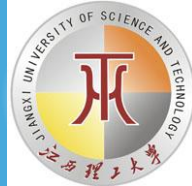
(2) 同一参照系中的不同坐标系对同一运动的数学描述是不同的，但对物体运动的规律是没有影响的。

(3) 物体的运动不能脱离空间，也不能脱离时间；定量描述物体的运动，还要确定适当的记时起点。





三、位置矢量与位矢方程



1、位置矢量

设质点在 t 时刻运动到 P 点，则质点在该时刻相对 O 点的位置矢量（简称为位矢）定义为

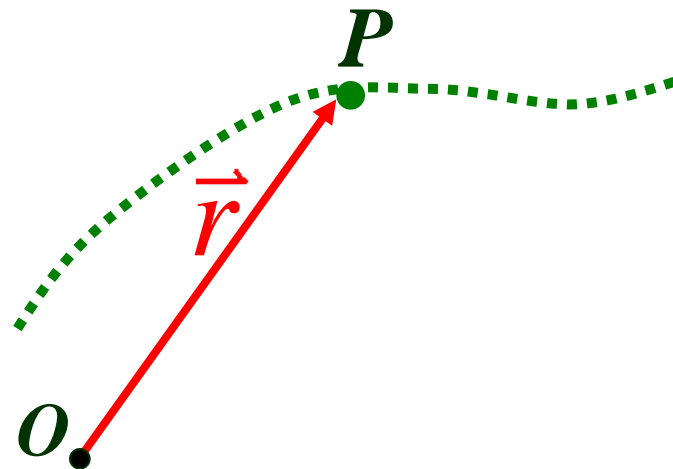
$$\vec{r} = \overrightarrow{OP}$$

•说明：

(1) 位矢是矢量；

大小： P 点到 O 点的距离

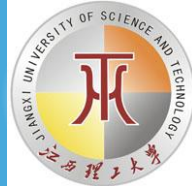
方向：从 O 点指向 P 点



(2) 位矢具有瞬时性；

(3) 位矢具有相对性

三、位置矢量与位矢方程

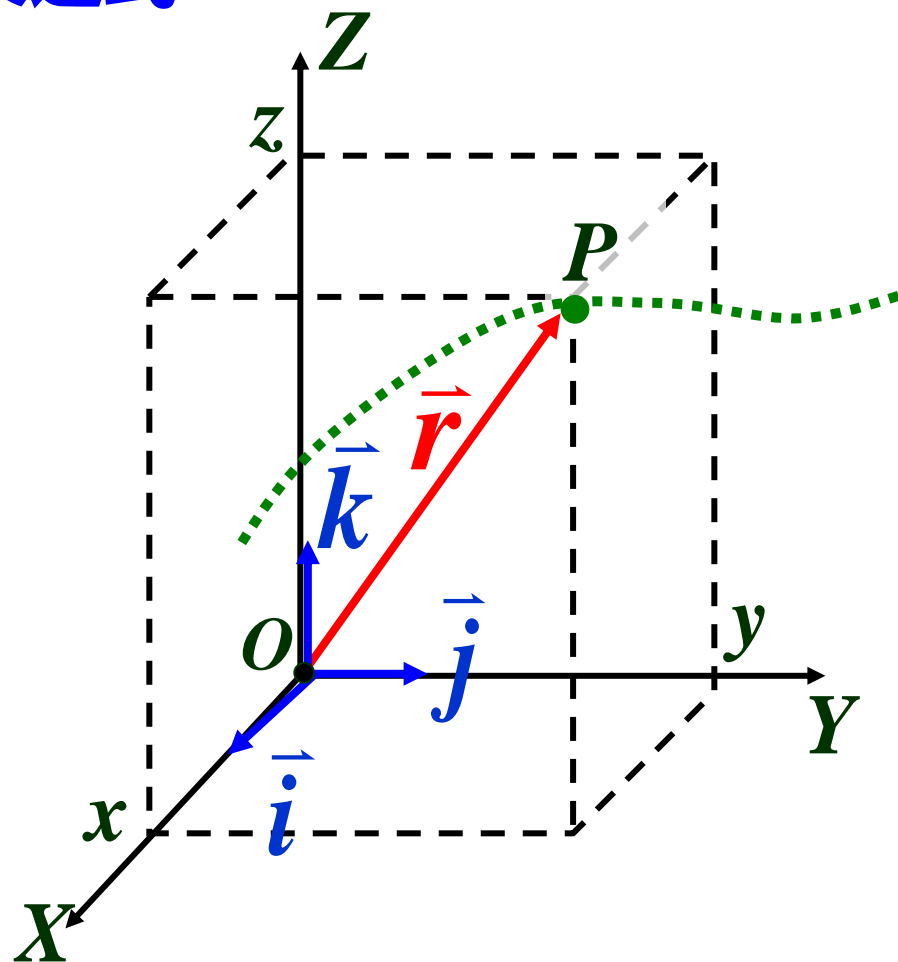


(4) 位矢在直角坐标系中的表达式:

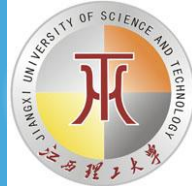
$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

• 位矢的大小:

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



三、位置矢量与位矢方程

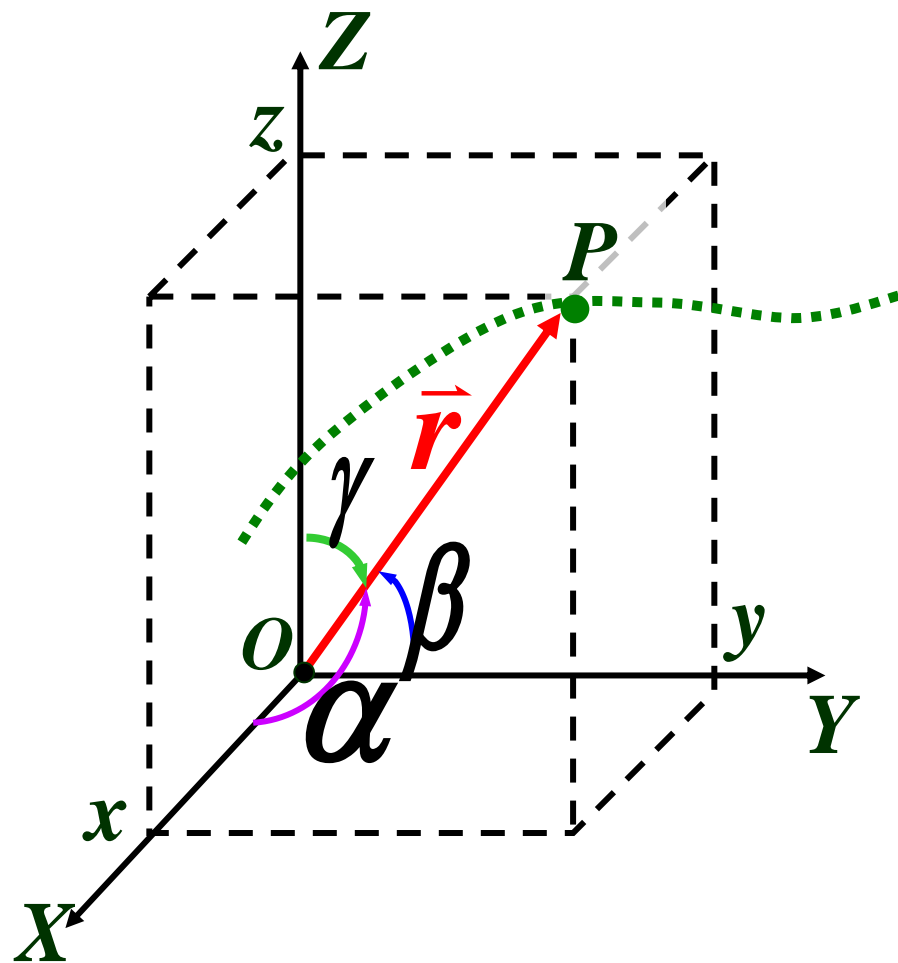


• 位矢的方向余弦

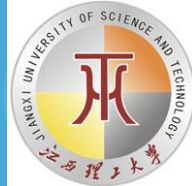
可用方向余弦表示：

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

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



三、位置矢量与位矢方程



2、位矢方程

质点运动时，它相对 O 点的位矢是随时间变化的：

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

直角坐标系中的分量式

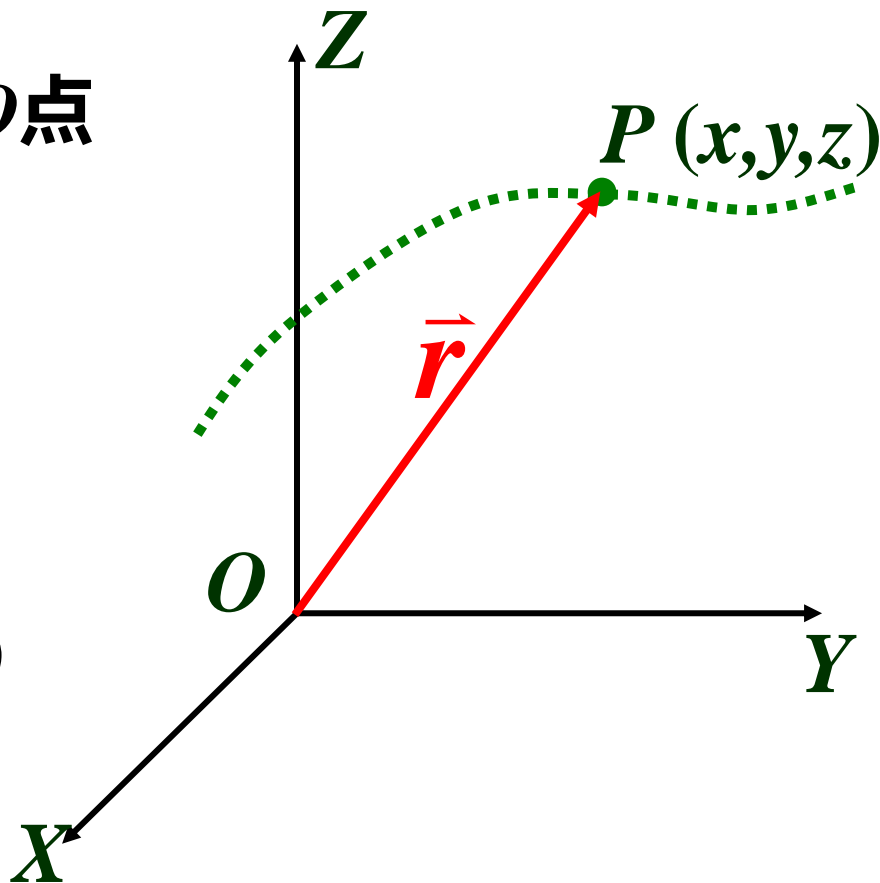
$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$$

——运动叠加性

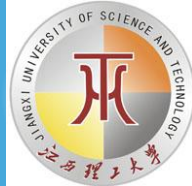
• 轨迹方程

——参量式中消去 t 得

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



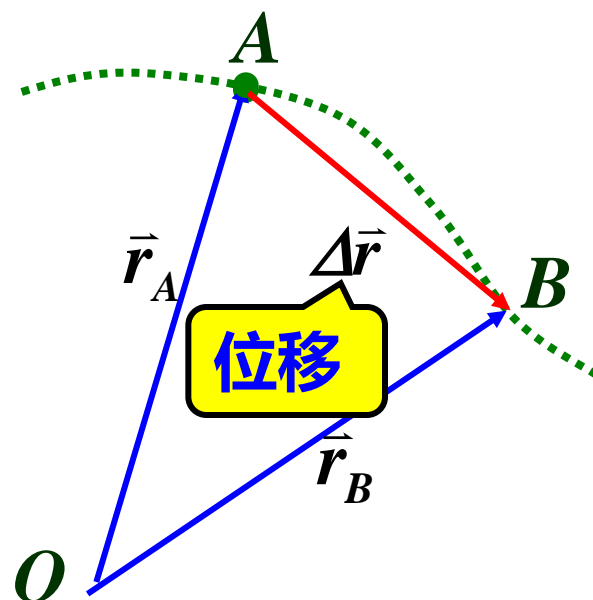
四、位 移



1、位移的定义

$$\Delta \vec{r} = \overrightarrow{AB}$$

- 大小：起点—终点间距离；
- 方向：起点→终点
- 位移与坐标原点的选取无关

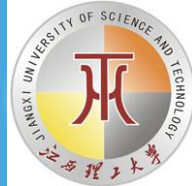


2、位移的计算

$$\vec{r}_A + \Delta \vec{r} = \vec{r}_B \quad \Rightarrow \quad \Delta \vec{r} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$$



四、位移



在直角坐标系中：

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

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

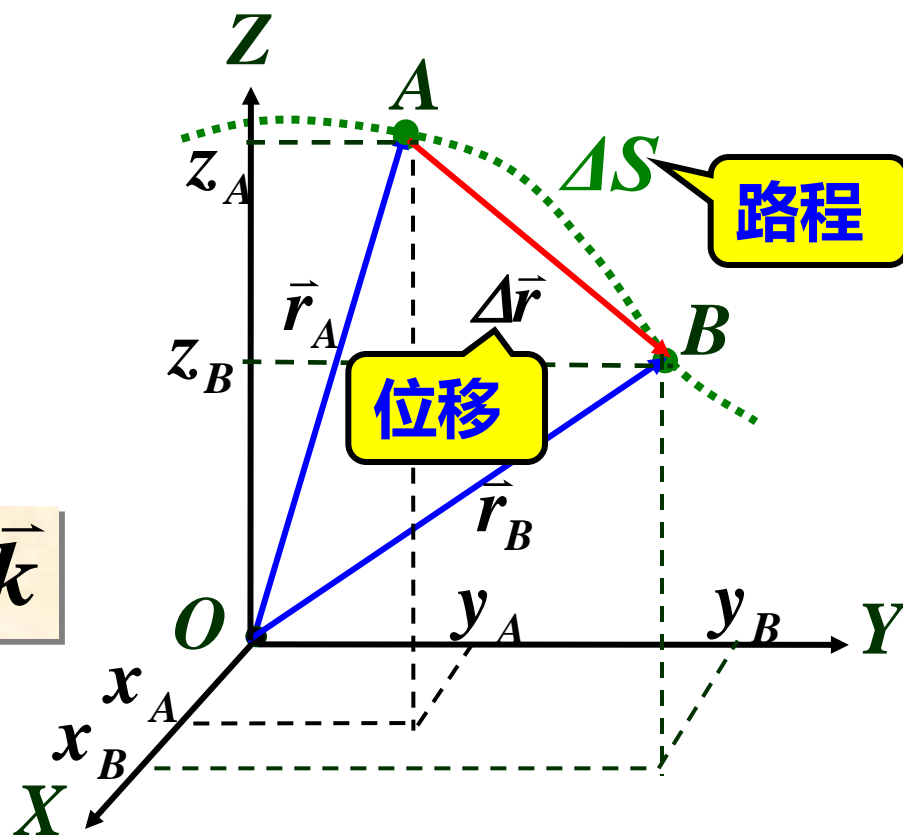
$$\therefore \Delta \vec{r} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$$

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

$$\Delta x = x_B - x_A$$

$$\Delta y = y_B - y_A$$

$$\Delta z = z_B - z_A$$

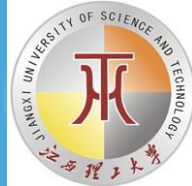


$$|\Delta \vec{r}| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$$

• 方向也可用余弦表示。



四、位 移



讨 论

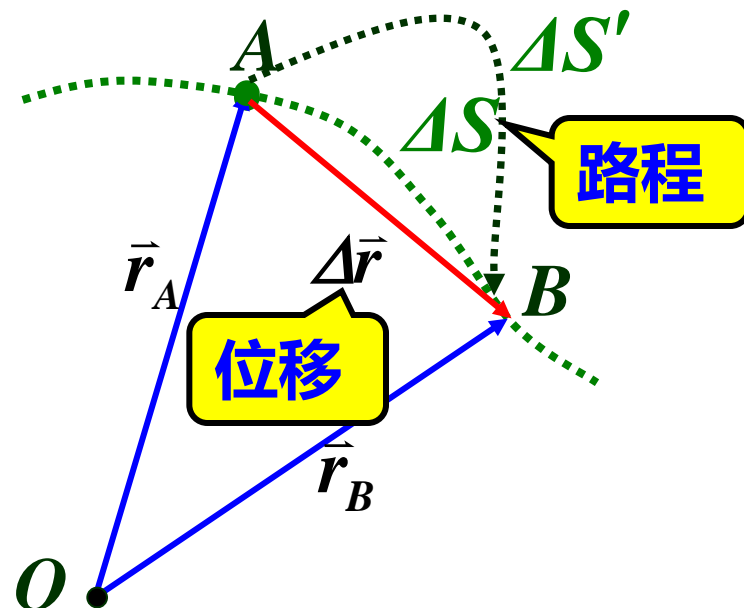
(1)位移与路程

位移是矢量：位矢的改变量；

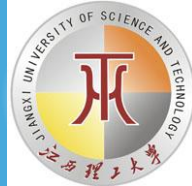
路程是标量：运动轨迹的长度。

一般地 $|\Delta\vec{r}| \neq \Delta S$

但 $|d\vec{r}| = dS$



四、位 移



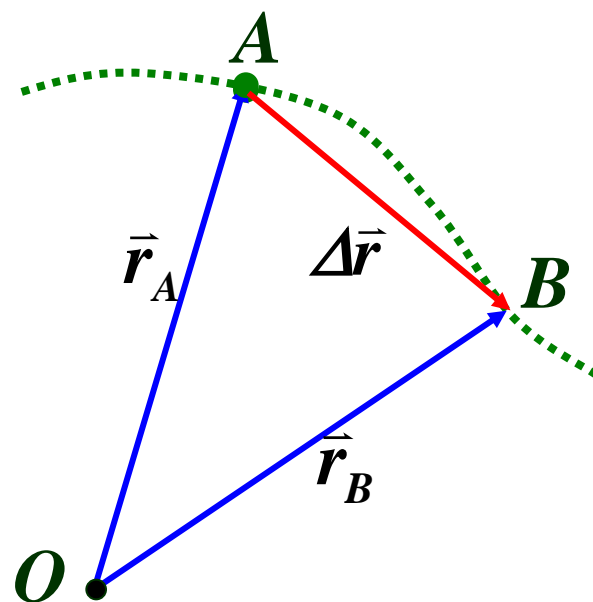
讨 论

(2)位移大小与位矢大小增量

$$|\Delta \vec{r}| = \overline{AB}$$

$$\begin{aligned}\Delta r &= r_B - r_A \\ &= \overline{OB} - \overline{OA}\end{aligned}$$

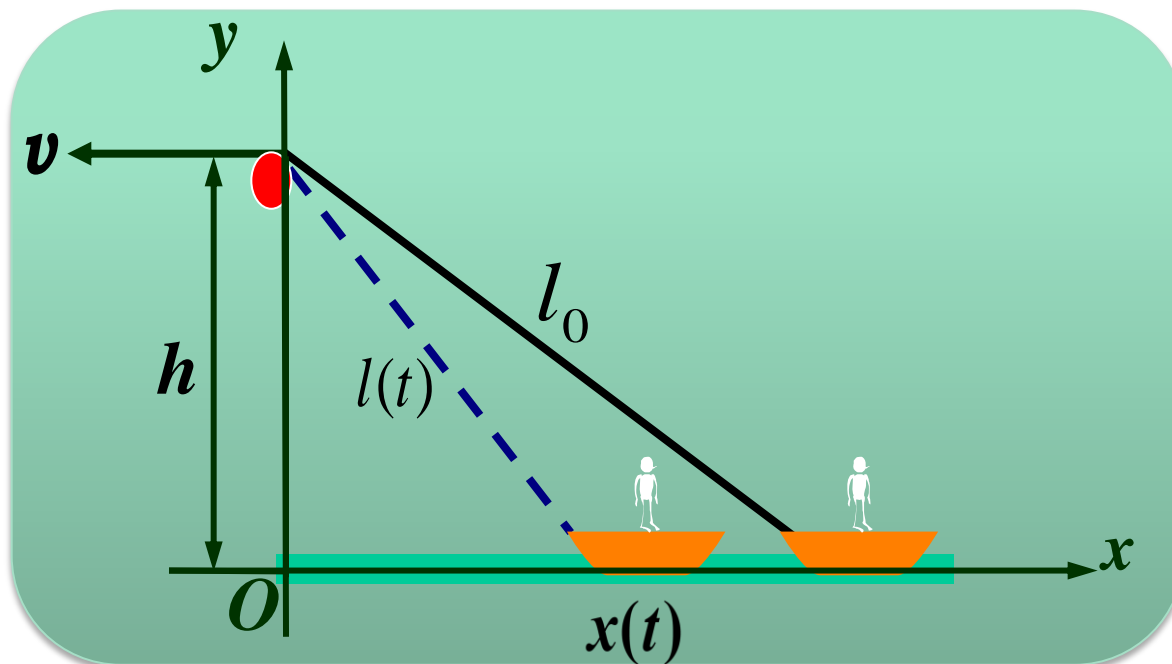
一般地 $|\Delta \vec{r}| \neq \Delta r$



$$|d\vec{r}| \neq dr$$

例1: 如图，以恒定速率 v 用绳跨一定滑轮拉湖面上的船，已知绳初长 l_0 ，岸高 h 。

求 船的运动方程。



小结

为正确写出质点运动学方程，先要选定参考系、坐标系，明确起始条件等，找出质点坐标随时间变化的函数关系。