

第一章

质点运动学

质点(mass point)

定义：没有体积和形状, 只有一定质量的理想物体。

注意：(1) 理想的力学模型 / 力学抽象，为讨论问题方便而引入。

(2) 同一物体，有时可看作质点，有时不能。

当两物体之间的距离远大于物体自身线度时，物体可视为一个质点；否则就不能视为一个质点。

如果不能看作一个质点，可把物体看作由多个质点组成，每个质点都运用质点运动学的结论，叠加起来得到该物体的运动情况。

所有物体都可以视为质点或质点的集合体，质点力学是整个力学的基础。

第一章 质点运动学

§1-1 参考系

§1-2 质点的位矢、位移和速度

§1-3 加速度

§1-4 匀加速运动

§1-5 抛体运动

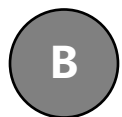
§1-6 圆周运动

§1-7 相对运动

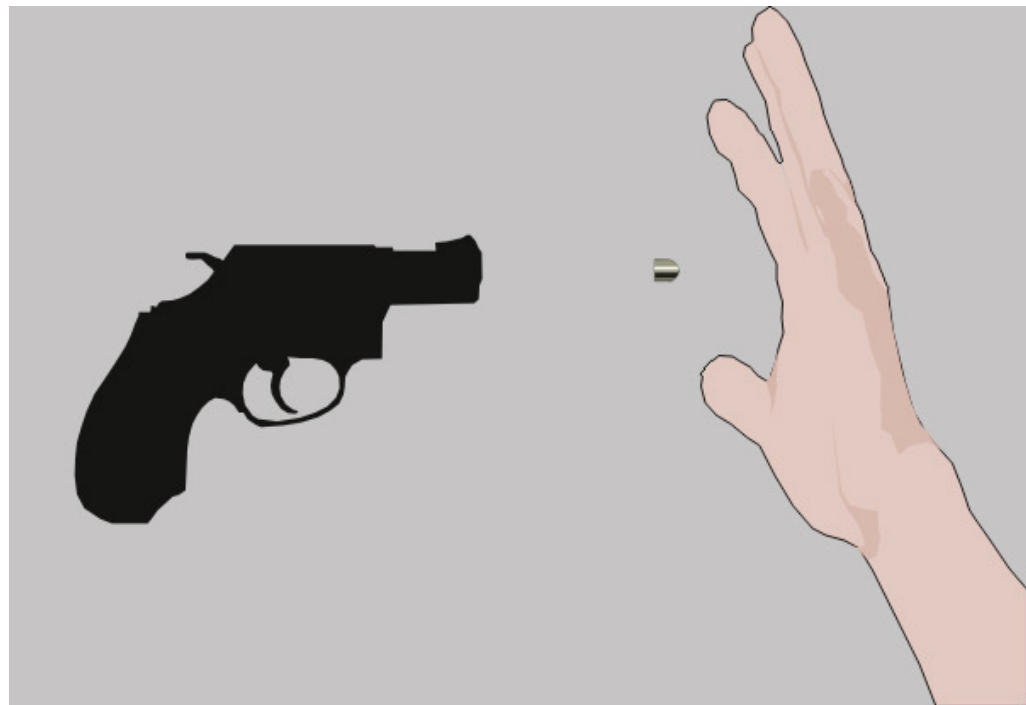
你相信徒手抓子弹会发生吗？



相信



不相信



提交

§1-1 参考系

1. **运动的绝对性**：物体都在运动，没有绝对静止的。
2. **运动的相对性**：一个物体的位置及其变更，总是相对于其他物体而言的。

物体运动的绝对性，对运动描述的相对性。

3. **参考物**：为了描述物体的运动，必须选择另一个物体/物体系统作**参考物**。

原则上可任意选择（使问题的处理尽量简化）。

描述物体的运动时，必须先指明是相对于什么参考物。

一战时一位法国飞行员徒手抓住了一颗德军子弹！



想一想：什么条件下，飞行员能抓住子弹呢？

子弹的初速度：

- ✓ 手枪：300~500 m/s，射程10-100米
- ✓ 步枪：700~800 m/s，射程1000米
- ✓ 狙击步枪：1000 m/s，射程800米以上
- ✓ 机枪：800 m/s，射程300-500米
- ✓ 高射机枪：1000 m/s，对空射程1500米以上

飞机的最大速度：

一战时战机最大速度
尚未达到超音速

- ✓ 直升机：80 m/s 以上
- ✓ 轰炸机：1500 ~ 4000 m/s
- ✓ 超音速飞机：>340 m/s
- ✓ 民航客机：200~300 m/s

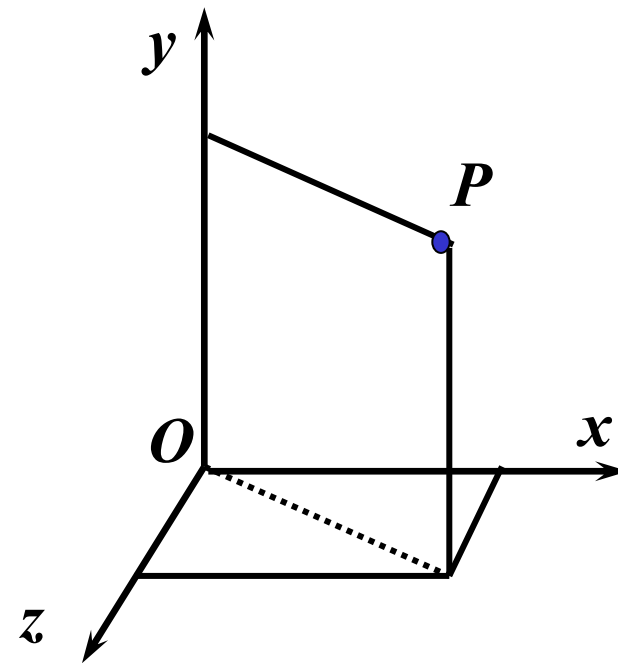
4. 坐标系：量化

为把运动物体在每一时刻相对于参考物的位置定量地表示出来，在参考物上建立适当的坐标系。

坐标系原点可取在参考物的一个固定点上。

最常用的坐标系是笛卡尔直角坐标系。

此外，还有平面极坐标系、自然坐标系等。



通常右手系



想一想：

参考物 与 **坐标系** 有什么区别、关系？

- ✓ **参考物**：“定性”；
 - ✓ **坐标系**：定量，必须建立在参考物上。
-
- 研究物体运动时，若**选取不同的参考物**，所得的运动规律的数学表达式一般是不同的。
 - 在**同一参考物**上**建立不同的坐标系**，对同一物体的运动规律不变，只会影响计算的繁简。

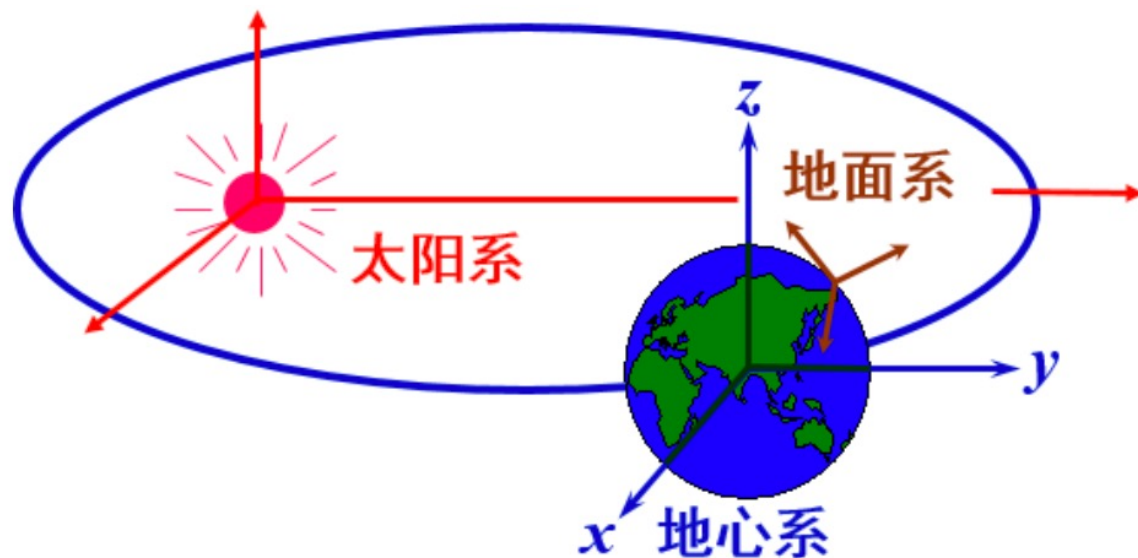
5. 参考系：坐标系 + 同步的时钟

质点的运动：位置随时间的变化。 (x, y, z) 与 t 一一对应（同步）。

一个固定在参考物上的坐标系 和 一套同步的钟 \rightarrow 一个参考系。

命名：通常用参考物命名。

例如：地面参考系、地心参考系、太阳参考系



第一章 质点运动学

§1-1 参考系

§1-2 质点的位矢、位移和速度

§1-3 加速度

§1-4 匀加速运动

§1-5 抛体运动

§1-6 圆周运动

§1-7 相对运动

描述质点运动的物理量

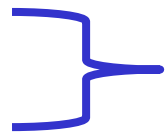
一、时间 和 时刻

二、位置矢量 (位矢)

三、位移 和 路程

四、速度 和 速率

五、加速度



要求：

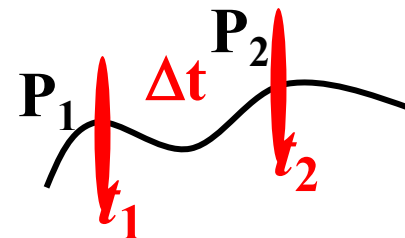
掌握8个物理量

✓分清标量和 矢量

✓掌握各物理量之间的换算关系

一、时间和时刻(time and moment)

1. **时间 (Δt)**：一个过程对应的**时间间隔**，国际单位制（SI）七个基本物理量之一。 标量，单位是s (秒)。



2. **时刻 (t)**：某一**瞬时**。质点运动时，与质点某一位置对应的某一时刻，在时间坐标上是一个点。

3. 考察质点运动时，质点**位置**与**时刻**相对应，质点运动所经过的**路程**与**时间**相对应。

二、位置矢量 (position vector)

选定参考系后，质点 P 的运动，即位置 $P(x, y, z)$ 随时间 t 的变化，可用数学函数表示出来：

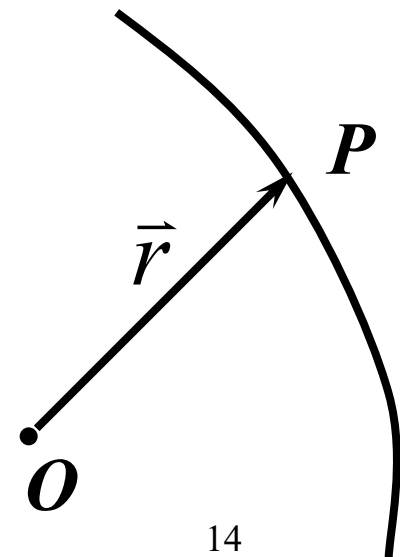
$$x = x(t), y = y(t), z = z(t)$$

——质点的运动函数/运动方程

位矢：质点 P 的位置可用从原点 O 到点 P 的有向线段 \overrightarrow{OP} 来表示，记作矢量 \vec{r} ，称为质点 P 的**位置矢量**，简称**位矢**或**矢径**。

- **位矢** \vec{r} 包含两方面信息：**方位**、**距离大小**

矢量表示：用**黑体字母**或**带箭头的字母**。



质点在运动, **位置矢量是时间的函数。**

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

——**质点运动函数的矢量表示**

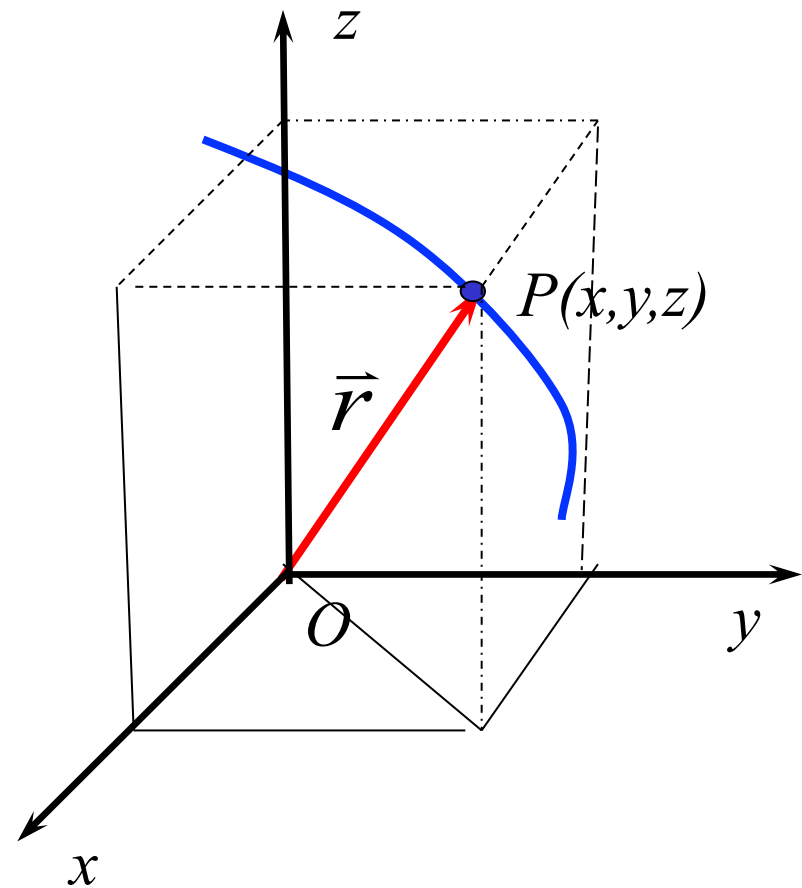
在直角坐标系中：

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

其中 \vec{i} 、 \vec{j} 和 \vec{k} 分别是 x 、 y 和 z 方向的单位矢量。

质点运动函数可表示为：

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



$$\left. \begin{aligned} x &= x(t) \\ y &= y(t) \\ z &= z(t) \end{aligned} \right\}$$

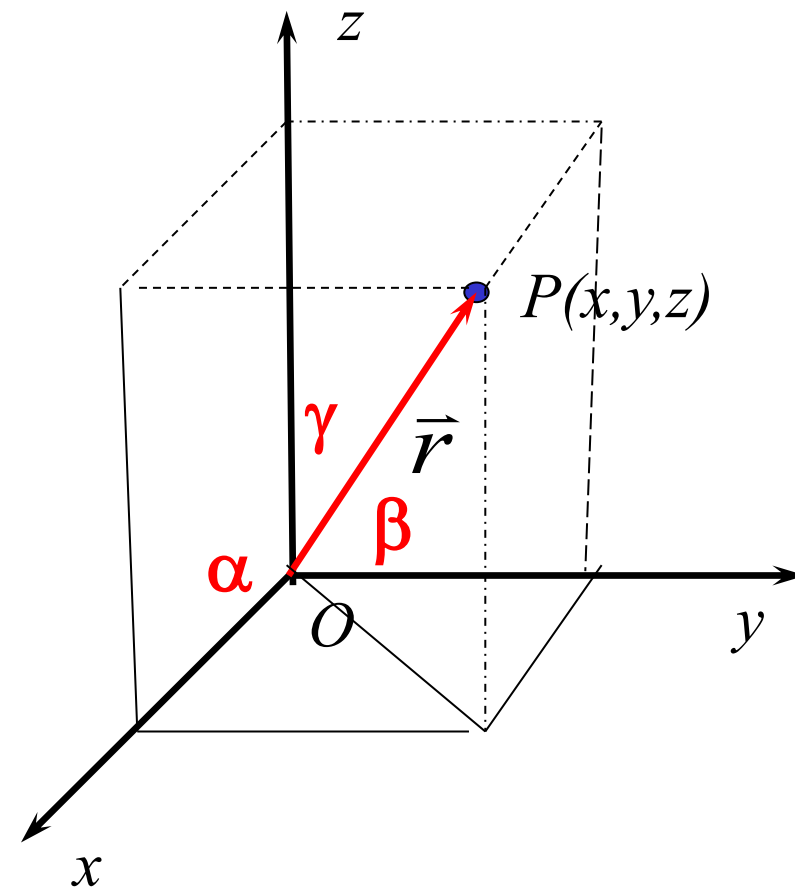
分量形式

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

位矢方向可用方向余弦来表示：

$$\cos \alpha = \frac{x}{r}, \quad \cos \beta = \frac{y}{r}, \quad \cos \gamma = \frac{z}{r}$$

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



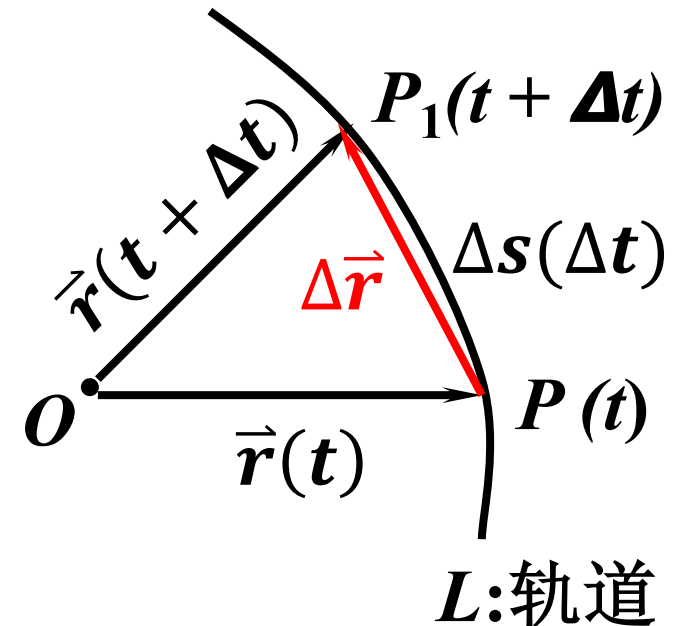
三、位移(displacement)和路程(distance, path)

1. 位移 $\Delta\vec{r}$: 质点在一段时间 Δt 内位置的改变。

质点从点 P 到点 P_1 的位移等于点 P_1 的位矢 $\vec{r}(t + \Delta t)$ 与点 P 的位矢 $\vec{r}(t)$ 之差。

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

位移是矢量，既表示质点位置变更的大小，
又表示这种变更的方向。



2. **路程 Δs** ：是一定时间 Δt 内物体所沿轨道经过的**总长度/距离**。是标量。

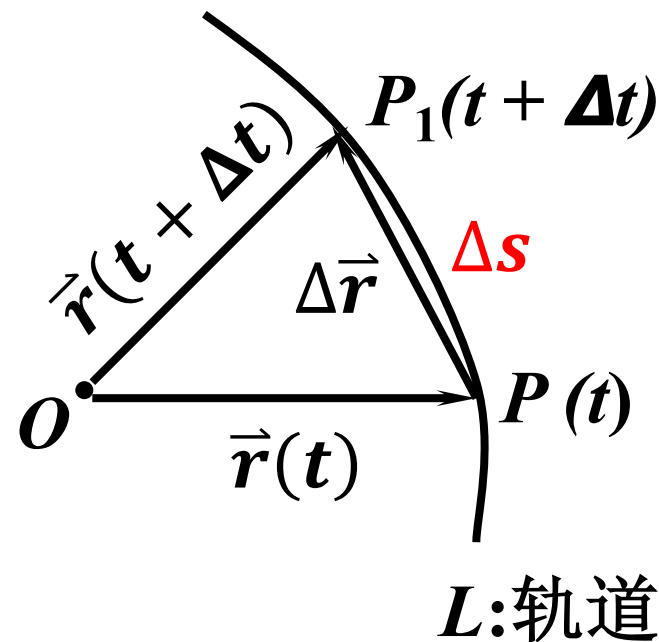
● **位移 $\Delta \vec{r}$ 和路程 Δs 的区别/联系**：

① $\Delta \vec{r}$ 是矢量， Δs 是标量；

② 一般位移矢量的模 $|\Delta \vec{r}| \neq$ 路程 Δs ，

只有在质点作单向直线运动时， $|\Delta \vec{r}| = \Delta s$ 。

③ $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} |\Delta \vec{r}| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta s$



位移和路程单位相同，在国际单位制中为m (米)。

四、速度(velocity) 和 速率(speed)

1. **平均速度与平均速率**: 描述运动质点在某段时间内平均快慢情况。

(1) 质点的**平均速度** $\bar{\vec{v}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$

平均速度是**矢量**，大小是 $\left| \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \right| = \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t}$ ；**方向**同位矢 $\Delta \vec{r}$ 。

平均速度 $\bar{\vec{v}}$ 的大小和方向在很大程度上依赖于所取**时间间隔** Δt 的大小。
当使用平均速度来表征质点运动时，总要指明相应的时间间隔 Δt 。

(2) **平均速率**等于**单位时间内所通过的路程**。是**标量**。

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

平均速率和平均速度的区别：

(1) 标量与矢量；(2) 数值上不一定相等，曲线运动时 $\Delta s \neq |\Delta \vec{r}|$ 。

e.g.沿闭合曲线运行一周，则质点的平均速度等于零，而相应的平均速率却不等于零。

平均速率与平均速度的关系和路程与位移的关系相似。