

## § 1.4 匀加速运动

## Motion with Constant Acceleration

1. 运动特点：加速度的大小和方向均不随时间变化.

$$\vec{a} = \vec{C}$$

2. 研究方法

初始条件：  $\vec{v} = \vec{v}_0, \vec{r} = \vec{r}_0, \vec{a} = \vec{C}$

速度：

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

位矢：

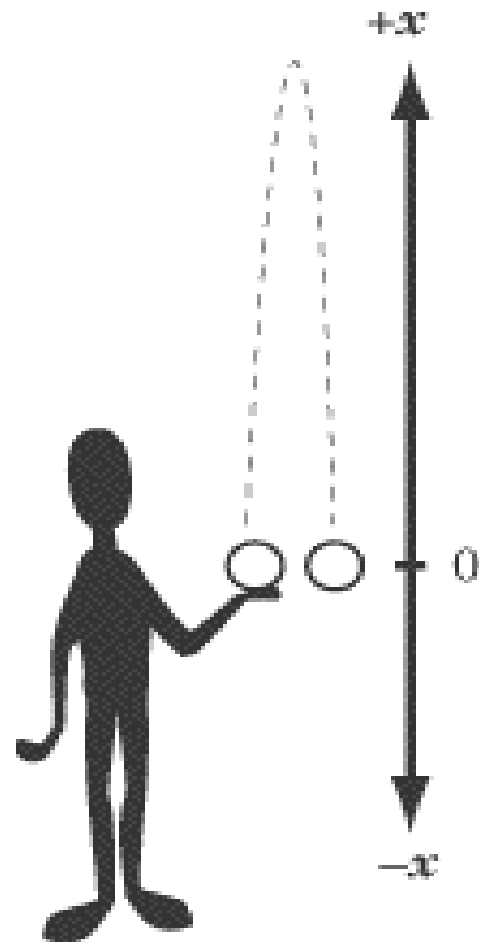
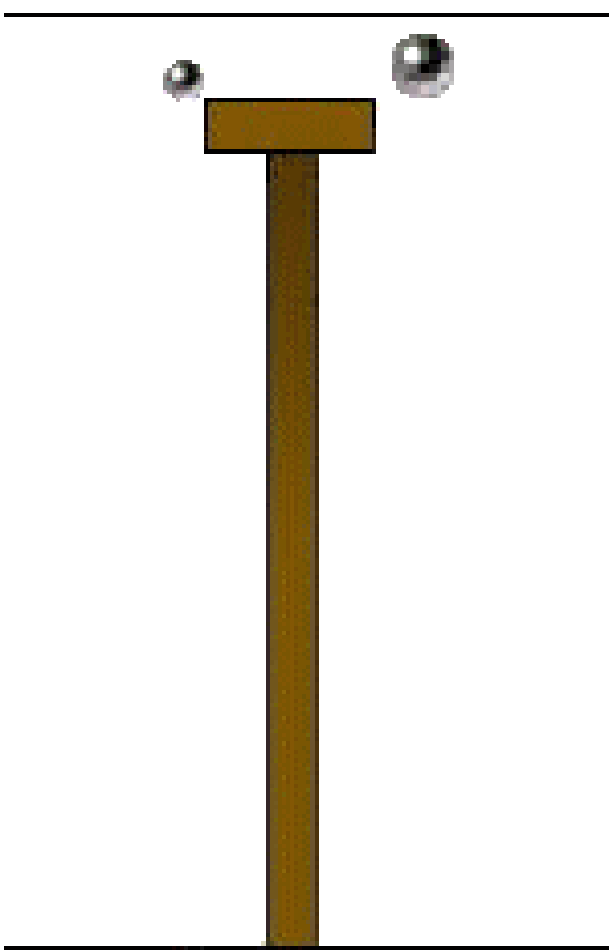
$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$$

➤ 分量表示:

$$velocity \begin{cases} v_x = v_{0x} + a_x dt \\ v_y = v_{0y} + a_y dt \\ v_z = v_{0z} + a_z dt \end{cases}$$

$$position \begin{cases} x = x_0 + v_x t + \frac{1}{2} a_x t^2 \\ y = y_0 + v_y t + \frac{1}{2} a_y t^2 \\ z = z_0 + v_z t + \frac{1}{2} a_z t^2 \end{cases}$$

- **实例**——匀加速直线运动
- **特例**——匀速运动

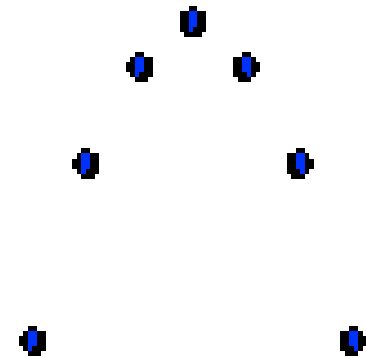
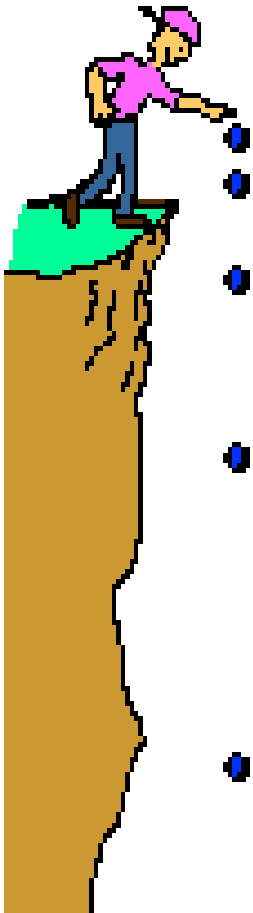




# § 1.5 抛体运动

## Projectile Motion

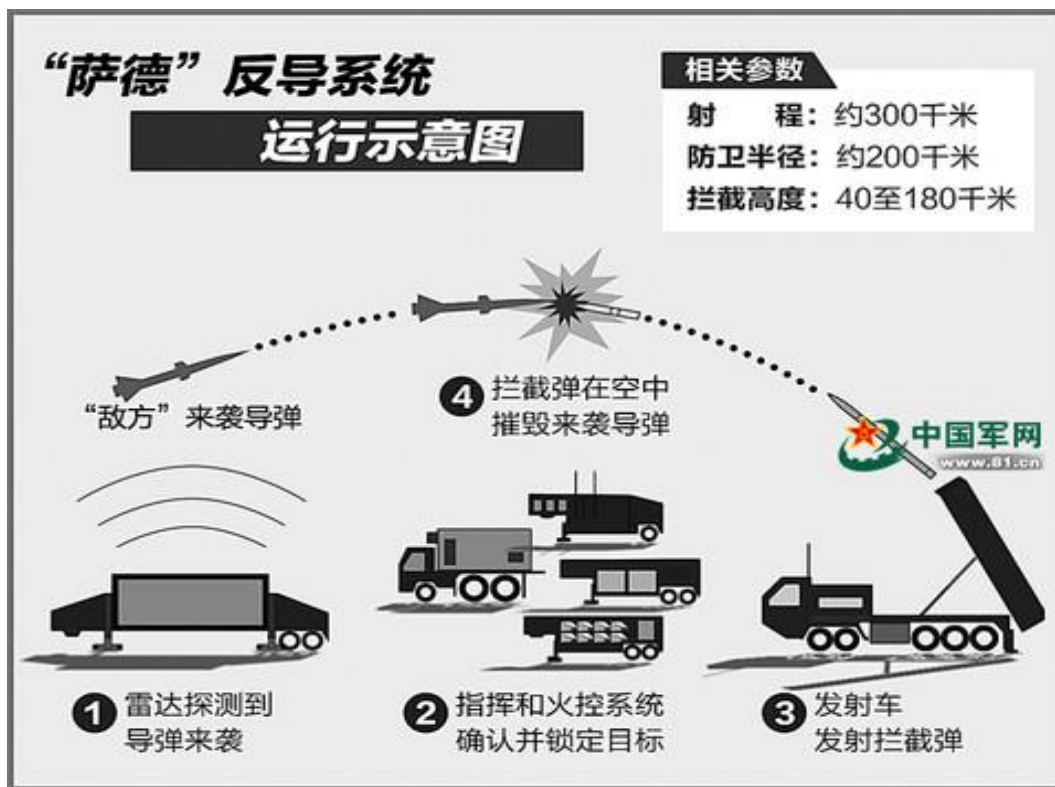
# Types of Projectiles



## ➤ 理想情况：

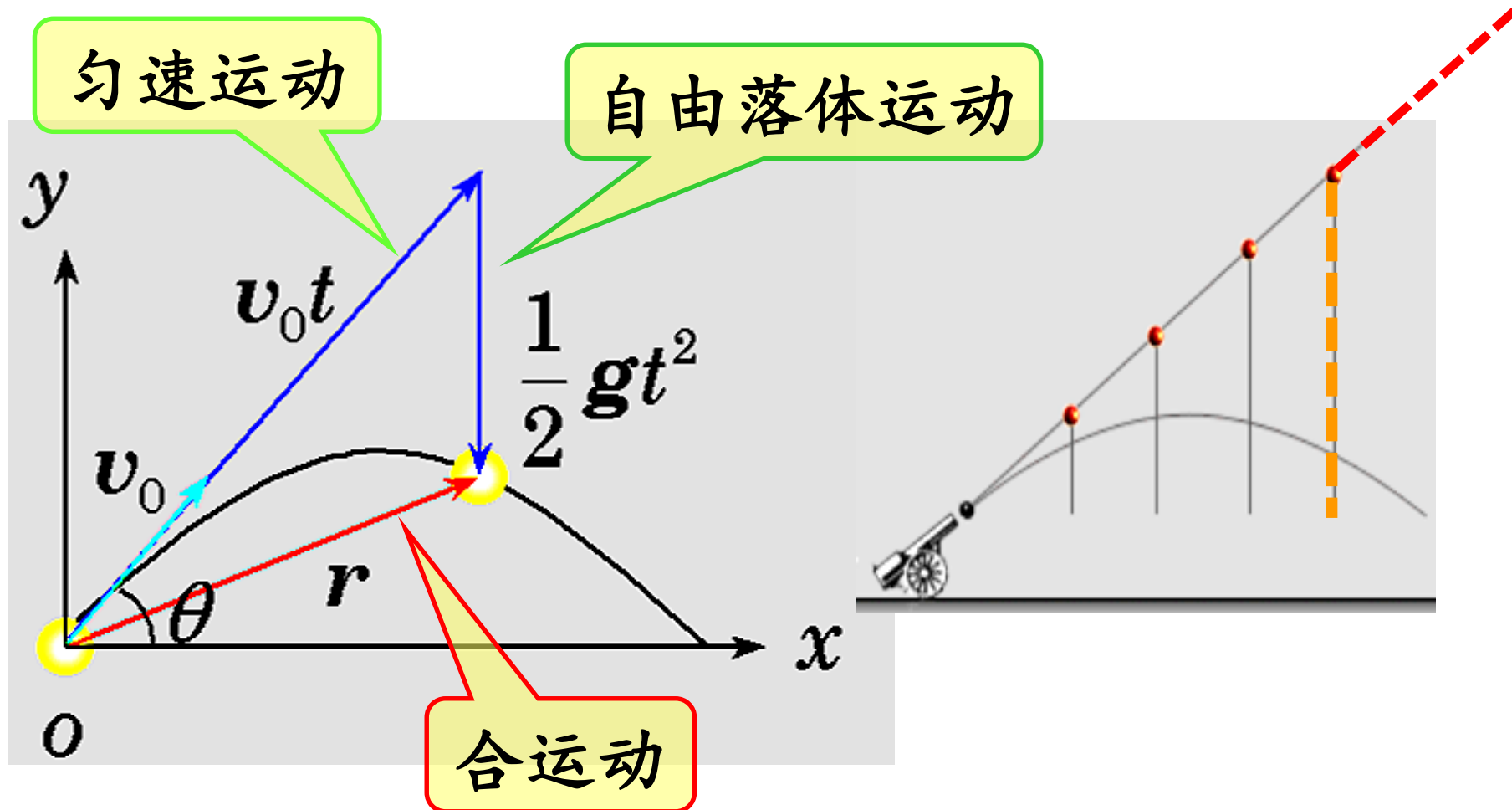
- 除重力外无其它外力，忽略空气阻力；
- 重力加速度 $g$ 不随高度和地点变化；
- 不考虑地球自转的影响。

## ➤ 运动轨迹：理想情况下的运动轨迹为抛物线。



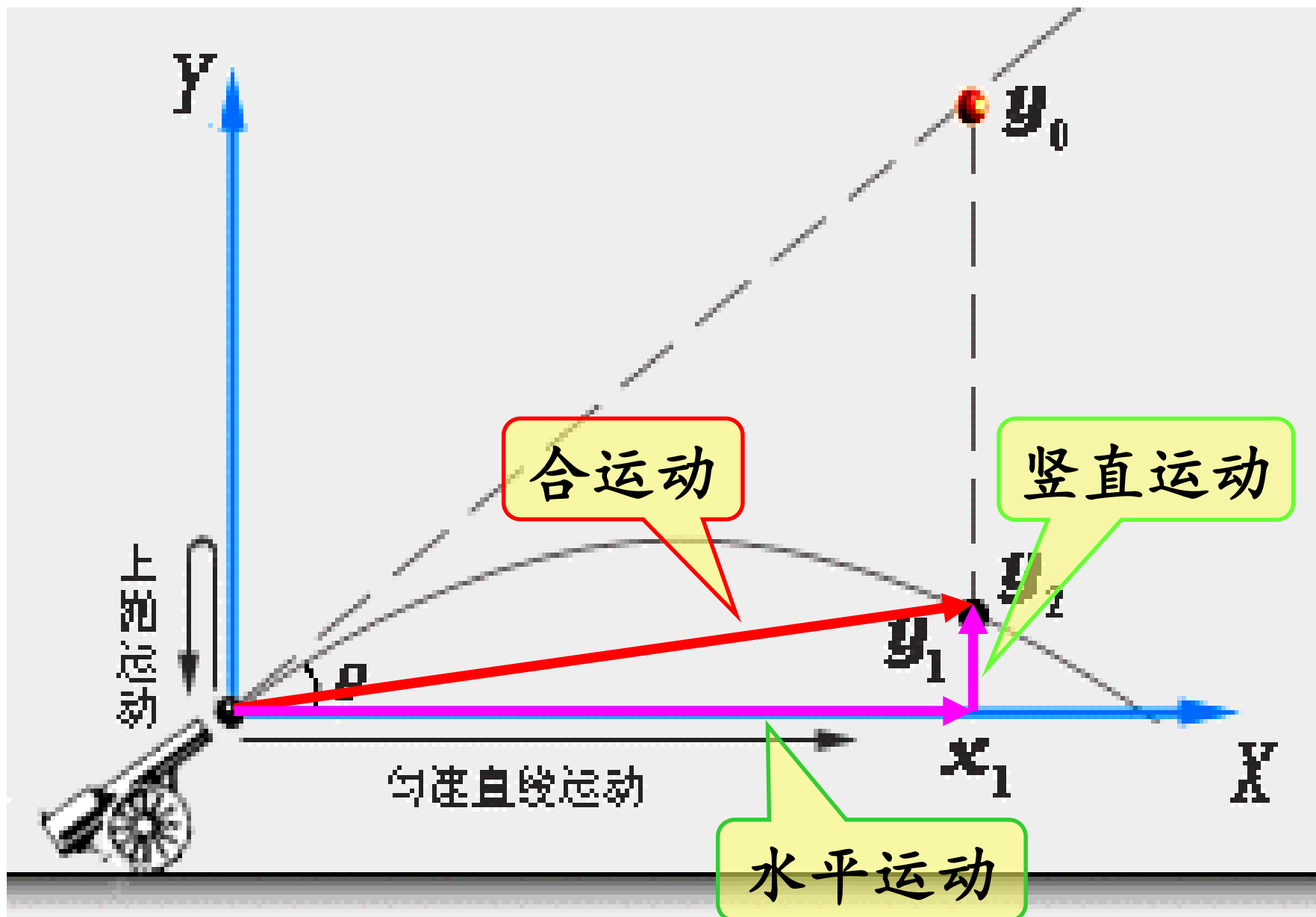
## ➤ 抛体运动可看做两种线性运动的合运动

(1) 匀速运动和自由落体运动的合运动.



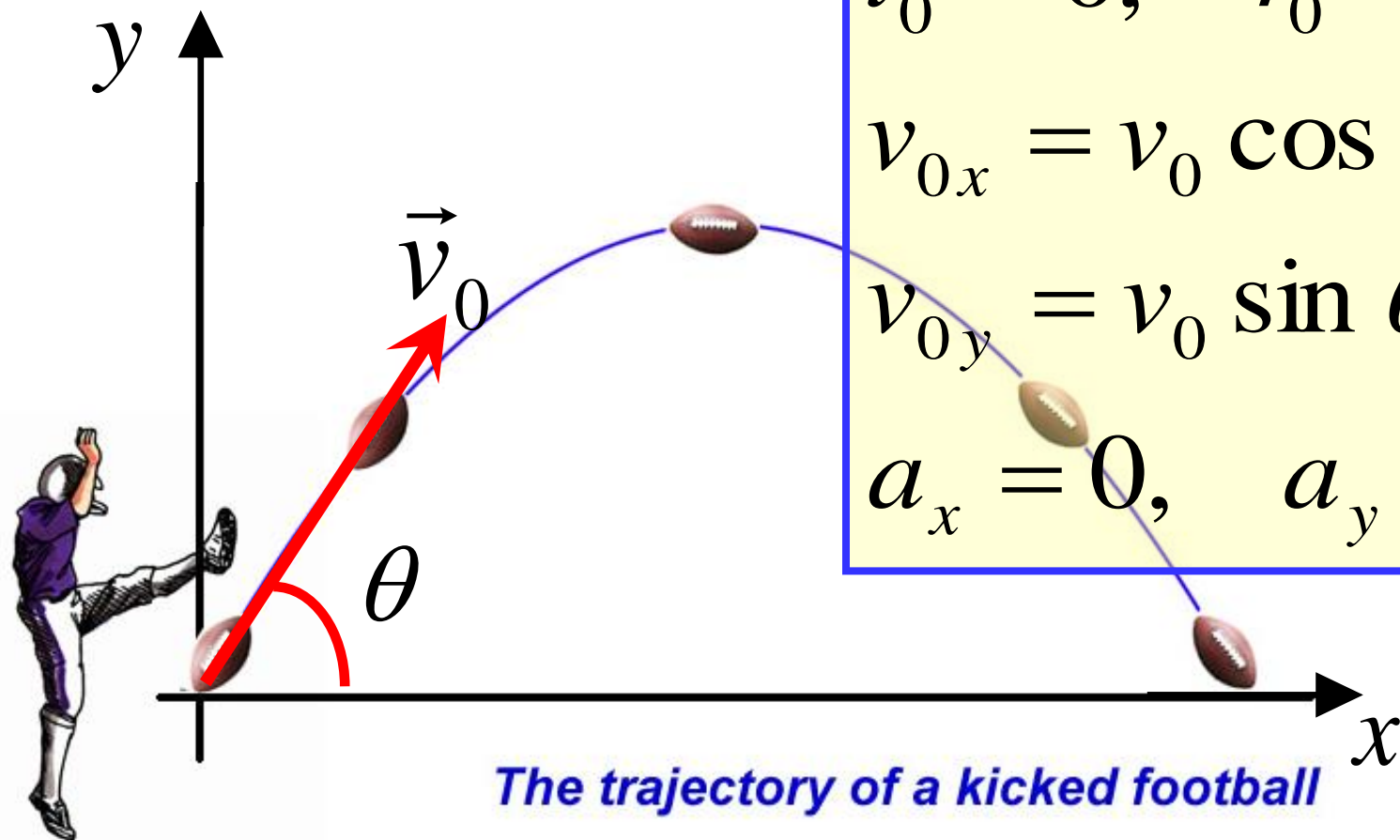


## (2) 水平运动和竖直运动的合运动.



## ➤ 研究方法

1. 建立坐标系，取初始位置为原点
2. 初始条件



$$t_0 = 0, \quad \vec{r}_0 = 0$$

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta$$

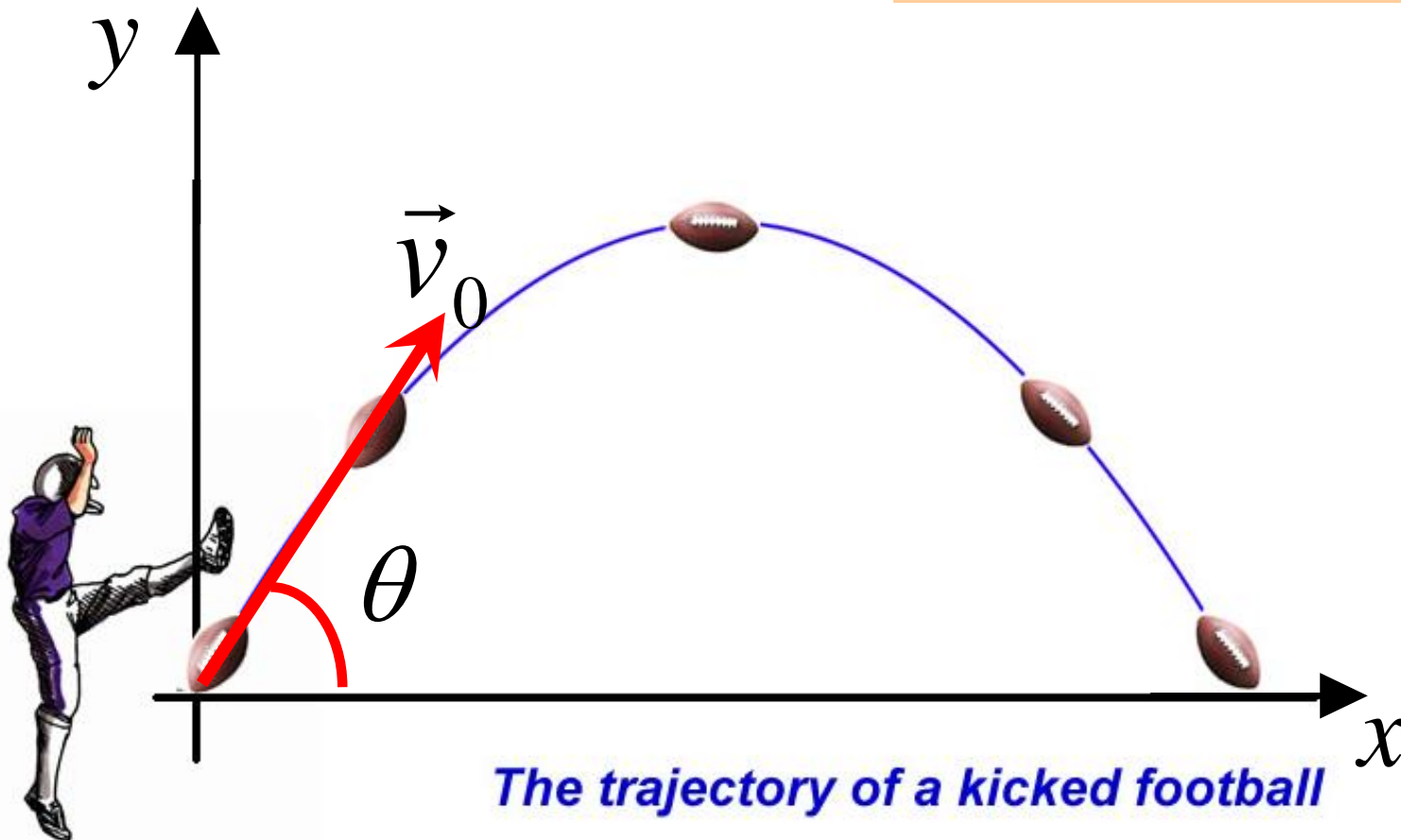
$$v_{0y} = v_0 \sin \theta$$

$$a_x = 0, \quad a_y = -g$$

### 3. 运动学公式

$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \theta \\ v_y = v_0 \sin \theta - gt \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \theta \cdot t \\ y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} gt^2 \end{cases}$$



4. 求解:

$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \theta \\ v_y = v_0 \sin \theta - gt \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \theta \cdot t \\ y = v_0 \sin \theta \cdot t - gt^2 / 2 \end{cases}$$

1) 飞行时间  $y = 0$

$$t_{\max} = 2v_0 \sin \theta / g$$

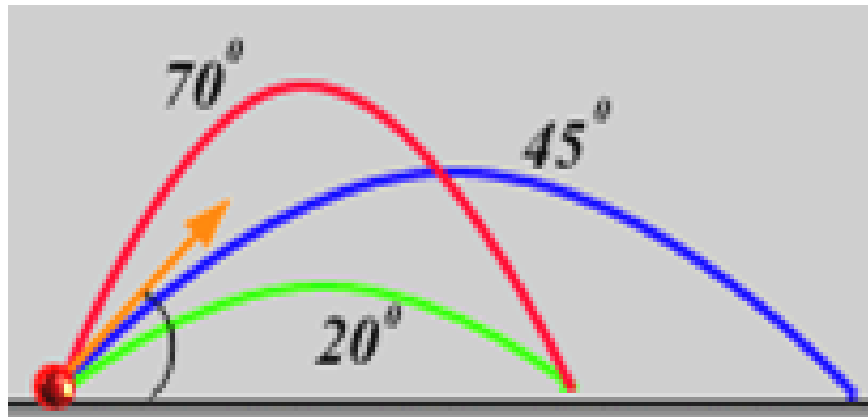
2) 最大高度

$$v_y = 0 \Rightarrow t = v_0 \sin \theta / g$$

$$y_{\max} = v_0^2 \sin^2 \theta / 2g$$

3) 水平射程  $x_{\max} = v_x t_{\max}$

$$x_{\max} = v_0^2 \sin 2\theta / g$$



$$\begin{cases} x = v_0 \cos \theta \cdot t \\ y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

4) 轨道方程：消去时间变量  $t$

$$y = x \tan \theta - \frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2 \cos^2 \theta} x^2$$

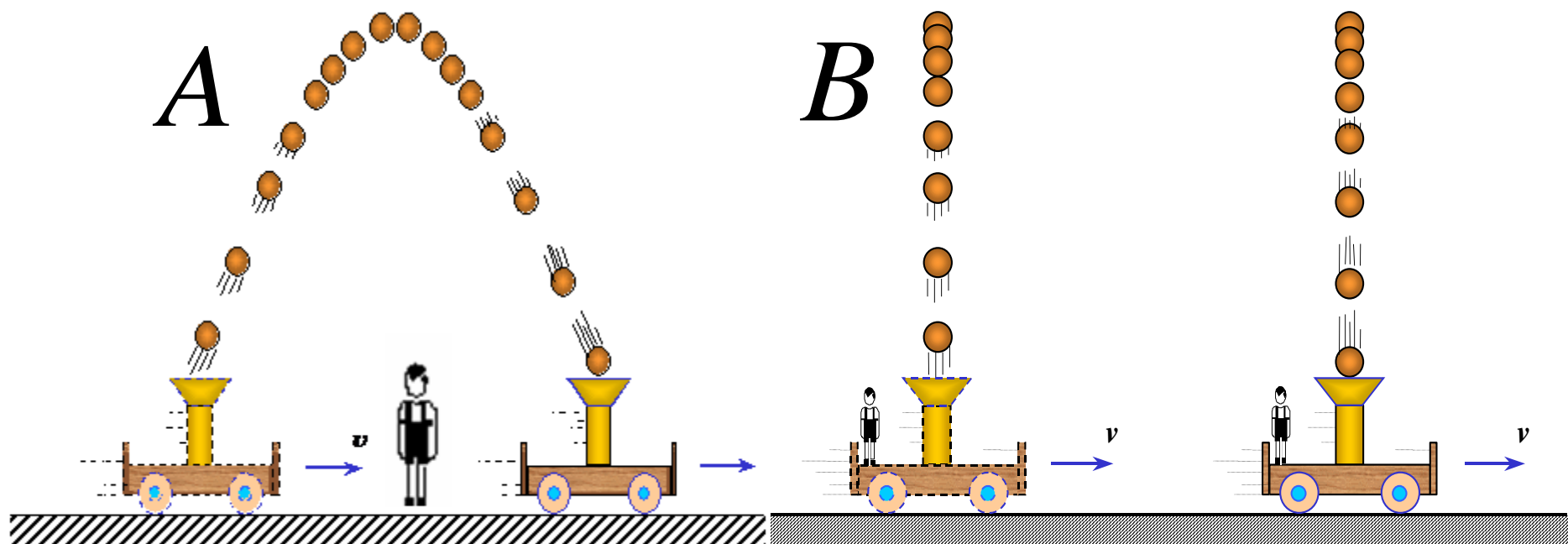
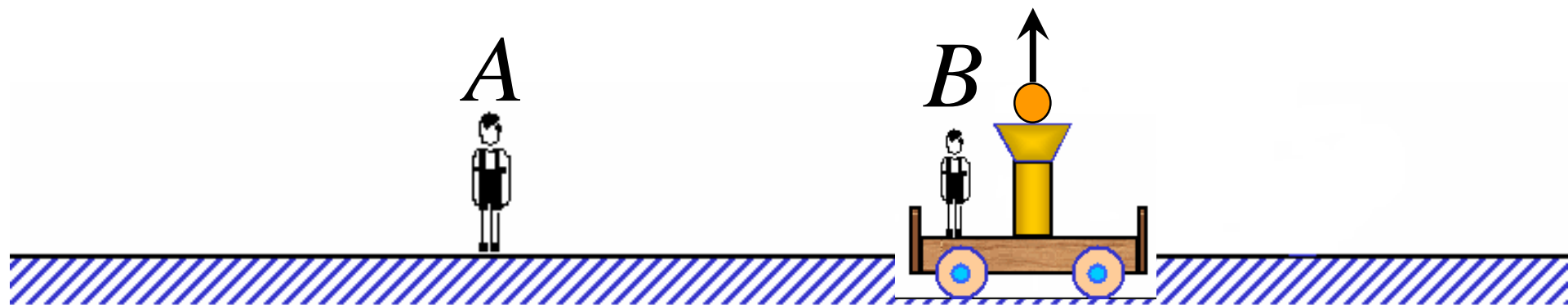
$$y = ax + bx^2 \quad \text{抛物线方程}$$

A sailboat is sailing on a body of water, leaving a white wake. In the background, a large, bright, circular sun or moon is visible, partially obscured by the sailboat's mast and sails. The sky is a pale blue-grey.

# **§ 1.7 相对运动**

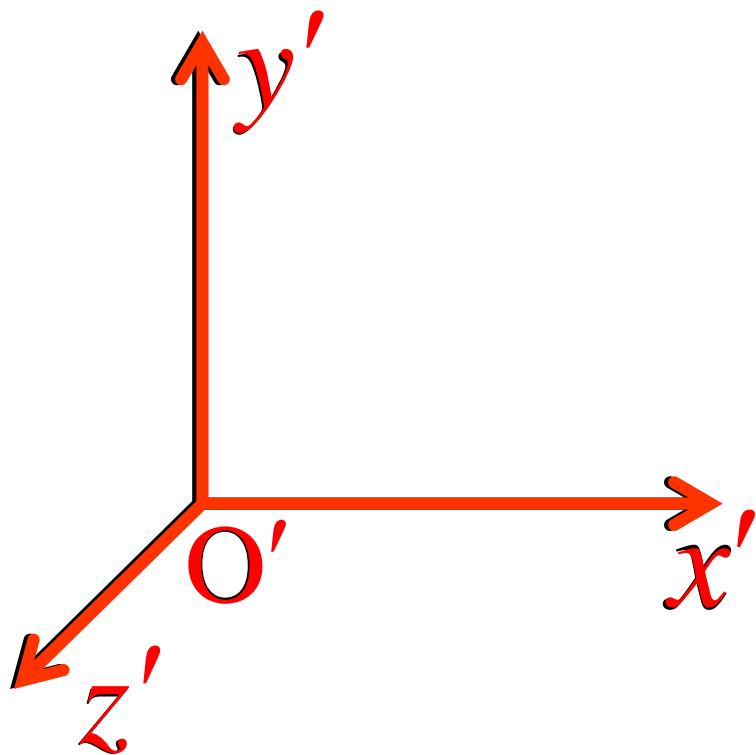
## **Relative Motion**

# 运动的相对性

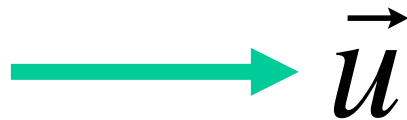


## ➤ 伽利略变换

相对做匀速直线运动的两个参考系之间的运动变换关系.



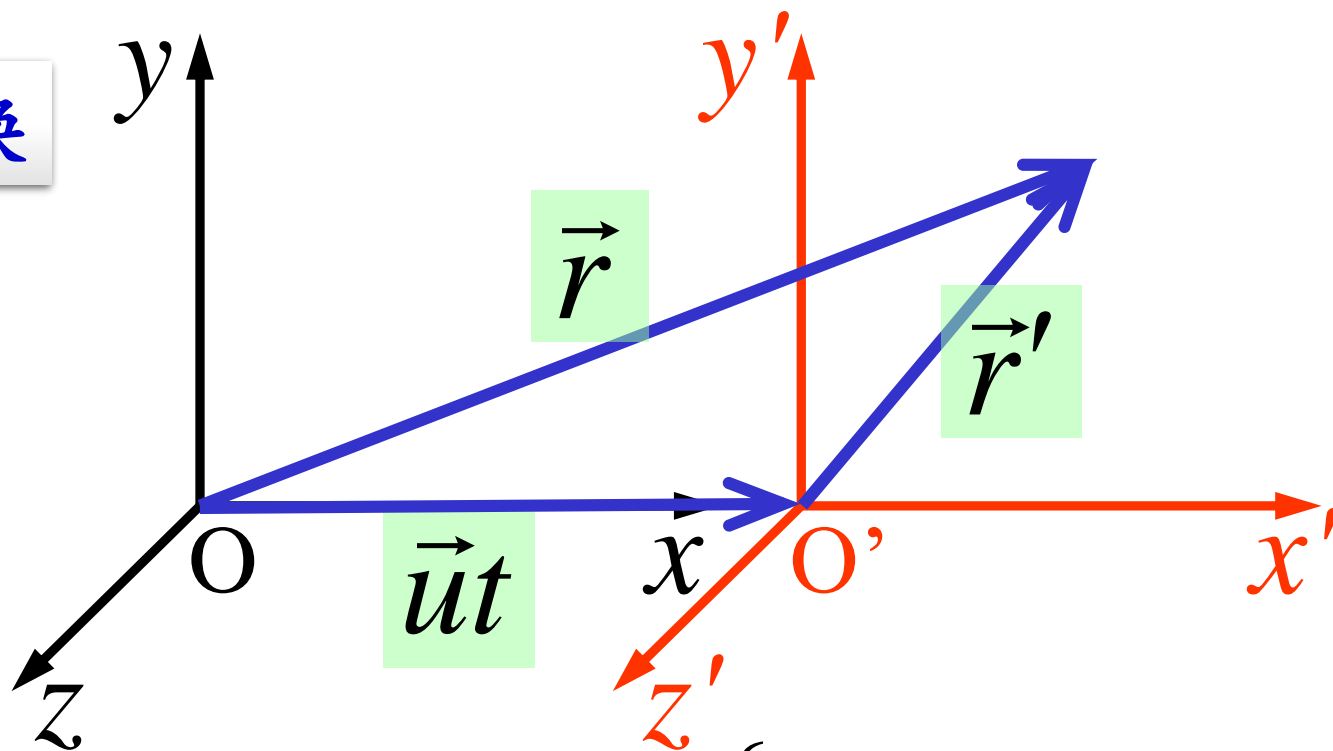
$S$ 参考系



$S'$ 参考系



- 坐标变换

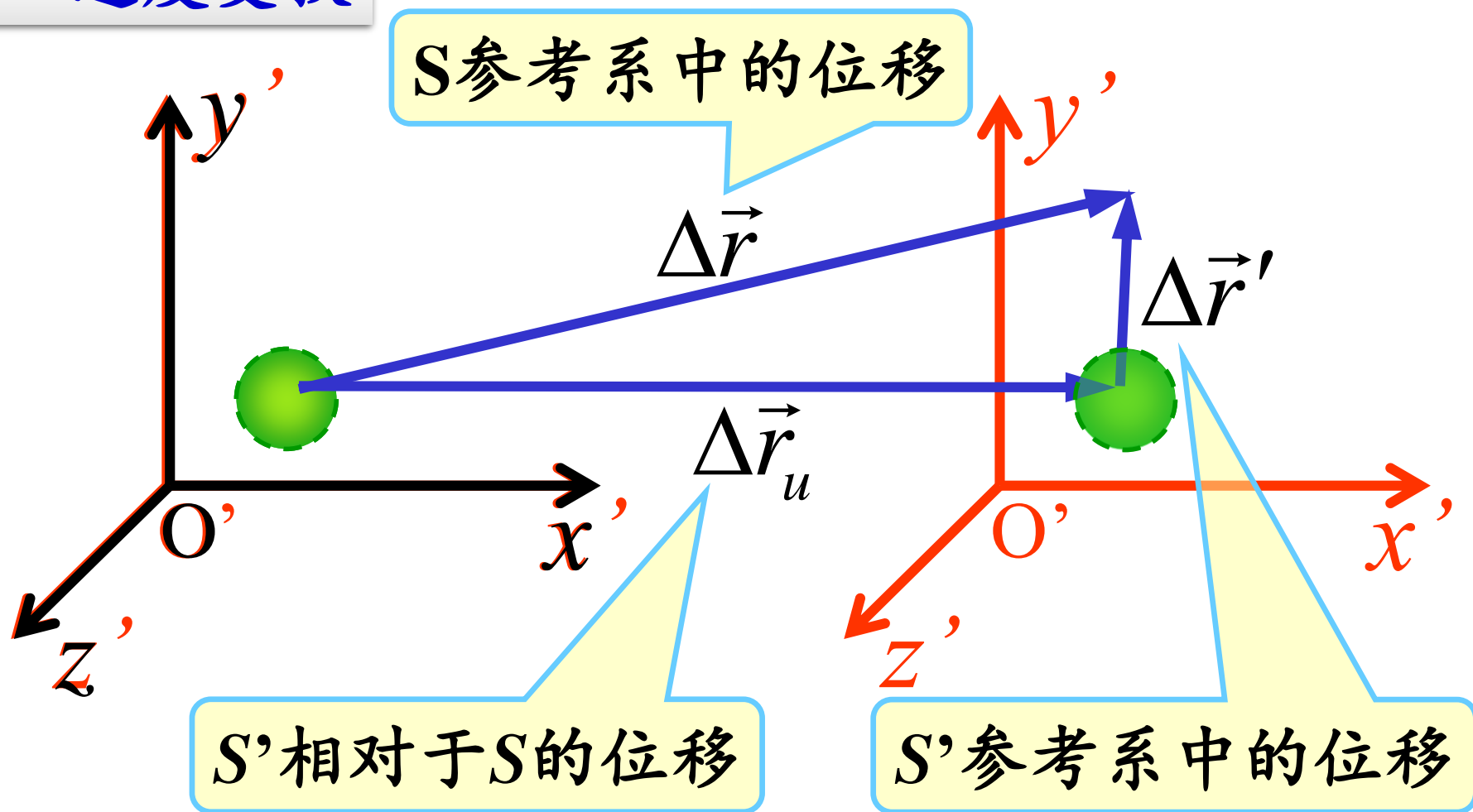


坐标变换

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{ut}$$

$$\begin{cases} x = x' + ut \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

- 速度变换



两参考系计时起点重合:  $\Delta \vec{r} = \Delta \vec{r}_u + \Delta \vec{r}'$

- 速度变换

$$\vec{r} = \vec{r}_u + \vec{r}' \rightarrow \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}_u}{\Delta t} + \frac{\Delta \vec{r}'}{\Delta t}$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}_u}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}'}{\Delta t} \rightarrow \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}_u}{dt} + \frac{d\vec{r}'}{dt}$$

绝对速度

$$\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}'$$

相对速度

牵连速度

- 加速度变换

$$\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}' \rightarrow \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{u}}{dt} + \frac{d\vec{v}'}{dt}$$

$$\vec{a} = \vec{a}_u + \vec{a}'$$

- 这一关系只适用于两参考系平动的情况.
- 如果  $\vec{u}$  是常矢量, 则  $\vec{a}_u = 0$ , 两系加速度相同.

$$\vec{a} = \vec{a}'$$

## ➤ 绝对时空观

- 坐标变换

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{u}t$$

- 速度变换

$$\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}'$$

- 加速度变换

$$\vec{a} = \vec{a}'$$

$$\begin{cases} x = x' + ut \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

1. 只有假定“长度的测量不依赖于参考系 (空间的绝对性)”才能得出:

$$\Delta \vec{r}_S = \Delta \vec{r}_{S'} + \Delta \vec{r}_{S'S}$$

2. 只有再假定“时间的测量不依赖于参考系 (时间的绝对性)”才能得出:

$$\vec{v}_S = \vec{v}_{S'} + \vec{v}_{S'S}$$

$$\vec{a}_S = \vec{a}_{S'}$$

3. 绝对时空观只在  $u \ll c$  (光速) 时才成立.

