

# 狭义相对论总结

一. 狭义相对论两条基本假设(或原理):

1. **相对性原理**: 物理学定律在任何惯性系中都是相同的。

2. **光速不变原理**: 在所有惯性系中, 测得光在真空中的速率都是  $c$ 。(光在真空中的速率与发射体及观察者的运动状态均无关)

二. 洛伦兹变换:

$$\Delta x = \gamma(\Delta x' + u\Delta t')$$

$$\Delta y = \Delta y'$$

$$\Delta z = \Delta z'$$

$$\Delta t = \gamma(\Delta t' + \frac{u\Delta x'}{c^2})$$

或  $\Delta x' = \gamma(\Delta x - u\Delta t)$

$$\Delta y' = \Delta y$$

$$\Delta z' = \Delta z$$

$$\Delta t' = \gamma(\Delta t - \frac{u\Delta x}{c^2})$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

 任何物体的速度不得超过光速。



三. 沿运动方向, 物体的长度要收缩.  $L = \frac{L_0}{\gamma}$

注意: 1.  $L_0$  为相对于被测物静止

的参照系测得的物长, 叫固有长度.  $= \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot L_0$

2.  $L$  为相对于被测物运动的参照系测得的物长, 叫运动长度。

• 垂直于运动方向, 物体的长度不变。

四. 时间膨胀—运动时钟变慢 (时间延缓)

在某一参考系中, 同一地点先后发生的两个事件之间的时间间隔叫 固有时间  $\tau_0$

$\tau = \gamma \tau_0 = \tau_0 / \sqrt{1 - u^2 / c^2}$  即运动的时间膨胀。

注意: 1.  $\tau_0$  是相对于事件发生点静止的参照系测得的时间, 叫固有时间。



2.  $\tau$  是相对于事件发生点运动的参照系测得的时间，叫运动时间。

五. 同时性的相对性:

$$\Delta t = \gamma \left( \Delta t' + \frac{u \Delta x'}{c^2} \right)$$

1. 在一个惯性系中同时、不同地发生的两件事，在另一惯性系中一定是不同时发生的。
2. 在一个惯性系中既不同时，又不同地发生的两件事，在另一惯性系中倒有可能是同时发生的。
3. 在一个惯性系中同时、同地发生的两件事，在别的惯性系中一定是同时、同地发生的。

六. 动量、质量与速度的关系:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$$

$$\vec{p} = m\vec{u} = \frac{m_0\vec{u}}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$$



七. 动能:

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = (\gamma - 1)m_0c^2$$

总能 $E$

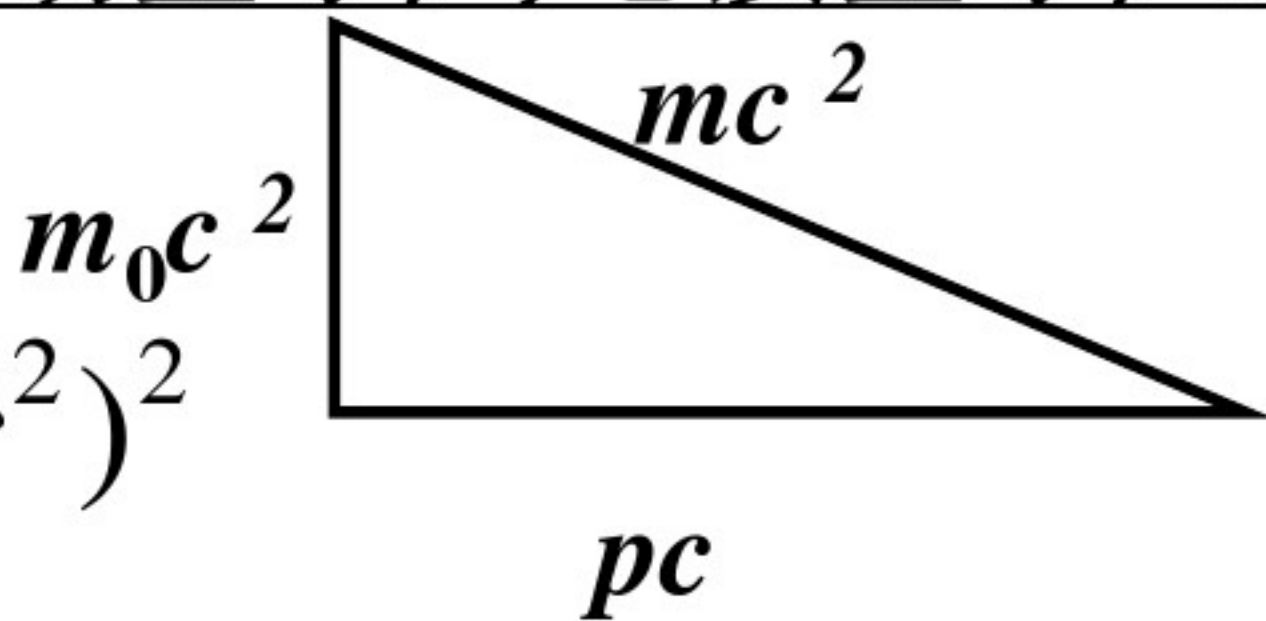
静能 $E_0$

$$E = mc^2 \quad (\text{相对论的质能关系式})$$

- 一个孤立的物质系统其内部发生的过程总能量守恒，这意味着其总质量（相对论质量）也守恒。
- 核反应中系统的总能量守恒，总质量也守恒。
- 在粒子碰撞过程中，系统的动量守恒，总质量守恒。

八. 动量与能量的关系:

$$(mc^2)^2 = (pc)^2 + (m_0c^2)^2$$



1. 有下列几种说法:

(1) 所有惯性系对物理基本规律都是等价的.

(2) 在真空中, 光的速度与光的频率、光源的运动状态无关.

(3) 在任何惯性系中, 光在真空中沿任何方向的传播速率都相同.

若问其中哪些说法是正确的, 答案是: **[D]**

(A) 只有(1)、(2)是正确的.

(B) 只有(1)、(3)是正确的.

(C) 只有(2)、(3)是正确的.

(D) 三种说法都是正确的.



2. 当惯性系 $S$ 和 $S'$ 的坐标原点 $O$ 和 $O'$ 重合时，有一点光源从坐标原点发出一光脉冲，在 $S$ 系中经过一段时间 $t$ 后（在 $S'$ 系中经过时间 $t'$ ），此光脉冲的球面方程（用直角坐标系）分别为：  $S$ 系

$$x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$$

$S'$ 系

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2$$

3. 已知惯性系 $S'$  相对于惯性系 $S$ 系以  $0.5 c$  的匀速度沿 $x$ 轴的负方向运动，若从 $S'$  系的坐标原点 $O'$  沿 $x$ 轴正方向发出一光波，则 $S$ 系中测得此光波在真空中的波速为  $c$  (3分).

4. 在某地发生两件事，静止位于该地的甲测得时间间隔为4 s，若相对于甲作匀速直线运动的乙测得时间间隔为5 s，则乙相对于甲的运动速度是( $c$ 表示真空中光速)

(A)  $(4/5)c$ .

(B)  $(3/5)c$ .

[ B ]

(C)  $(2/5)c$ .

(D)  $(1/5)c$ .

$$\tau = \gamma \tau_0 = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$



5. 一宇航员要到离地球为5光年的星球去旅行。如果宇航员希望把这路程缩短为3光年，则他所乘的火箭相对于地球的速度应是：（ $c$  表示真空中光速） [ C ]

(A)  $v = (1/2) c.$       (B)  $v = (3/5) c.$

(C)  $v = (4/5) c.$       (D)  $v = (9/10) c.$

$$L = \frac{L_0}{\gamma} = L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$



6. 关于同时性的以下结论中，正确的是：**[C]**

- (A) 在一惯性系同时发生的两个事件，在另一惯性系一定不同时发生.
- (B) 在一惯性系不同地点同时发生的两个事件，在另一惯性系一定同时发生.
- (C) 在一惯性系同一地点同时发生的两个事件，在另一惯性系一定同时发生.
- (D) 在一惯性系不同地点不同时发生的两个事件，在另一惯性系一定不同时发生.

$$\Delta t' = \gamma \left( \Delta t - \frac{u \cdot \Delta x}{c^2} \right)$$

**7. K系与K'系是坐标轴相互平行的两个惯性系，K'系相对于K系沿 $Ox$ 轴正方向匀速运动。一根刚性尺静止在K'系中，与 $O'x'$ 轴成  $30^\circ$  角。今在K系中观测得该尺与 $Ox$ 轴成  $45^\circ$  角，则K'系相对于K系的速度是：** **[ C ]**

- (A)  $(2/3)c$ .                      (B)  $(1/3)c$ .  
(C)  $(2/3)^{1/2}c$ .                (D)  $(1/3)^{1/2}c$ .

$$L_y = L_y' = L_0 \cdot \sin 30^\circ$$

$$L_x = L_x' \cdot \sqrt{1 - u^2/c^2} = L_0 \cos 30^\circ \cdot \sqrt{1 - u^2/c^2}$$

$$\tan 45^\circ = L_y / L_x$$



8. 两个惯性系中的观察者 $O$ 和 $O'$ 以  $0.6c$  ( $c$ 表示真空中光速)的相对速度互相接近. 如果 $O$ 测得两者的初始距离是20 m, 则 $O'$ 测得两者经过时间 $\Delta t' = \underline{8.89 \times 10^{-8} \text{s}}$ 相遇.

$$\Delta t' = \frac{\Delta x'}{u} = \frac{\Delta x \cdot \sqrt{1 - u^2/c^2}}{u}$$

9. 一列高速火车以速度 $u$ 驶过车站时，固定在站台上的两只机械手在车厢上同时划出两个痕迹，静止在站台上的观察者同时测出两痕迹之间的距离为1 m，则车厢上的观察者应测出这两个痕迹之间的距离为 $1/\sqrt{1-(u/c)^2}$

10. 已知一静止质量为 $m_0$ 的粒子，其固有寿命为实验室测量到的寿命的 $1/n$ ，则此粒子的动能是 $m_0 c^2 (n-1)$ 。

$$\tau = \gamma \cdot \tau_0$$

$$E_K = (\gamma - 1) \cdot m_0 c^2$$



11. 观察者甲以  $0.8c$  的速度 ( $c$  为真空中光速) 相对于静止的观察者乙运动, 若甲携带一质量为  $1\text{ kg}$  的物体, 则 (1) 甲测得此物体的总能量为  $9 \times 10^{16} \text{ J}$ ; (2) 乙测得此物体的总能量为  $1.5 \times 10^{17} \text{ J}$ .

12. (1) 在速度  $v = \sqrt{3}c/2$  情况下粒子的动量等于非相对论动量的两倍. (2) 在速度  $v = \sqrt{3}c/2$  情况下粒子的动能等于它的静止能量.

13. 已知电子的静能为0.51 MeV，若电子的动能为0.25 MeV，则它所增加的质量 $\Delta m$ 与静止质量 $m_0$ 的比值近似为：[C]

(A) 0.1 .      (B) 0.2 .  $E_k = (\gamma - 1)m_0 c^2$

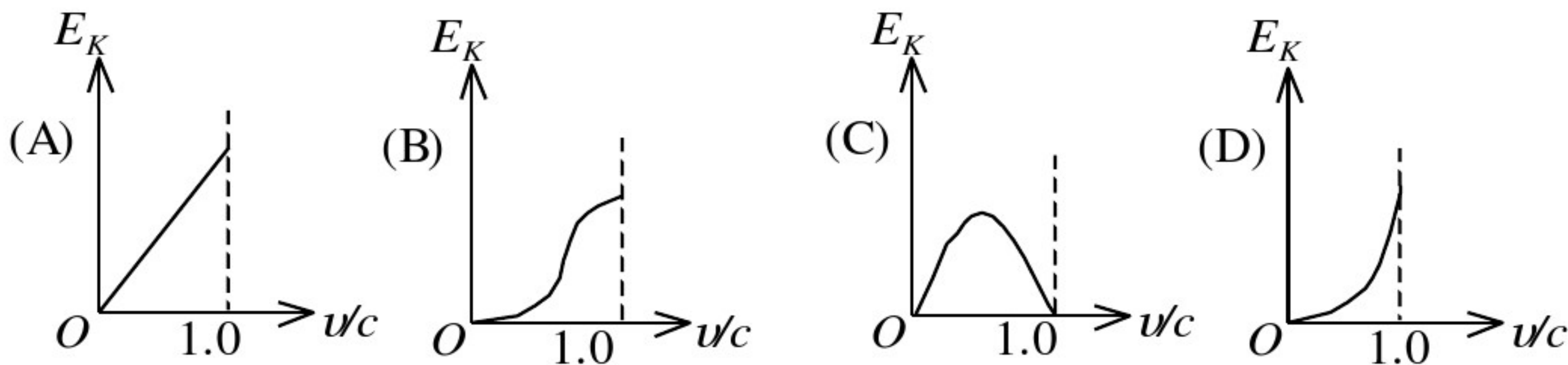
(C) 0.5 .      (D) 0.9 .  $\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{\gamma m_0 - m_0}{m_0} = \gamma - 1$

14. 设电子静止质量为 $m_e$ ，将一个电子从静止加速到速率为  $0.6 c$  ( $c$ 为真空中光速)，需做功  $0.25m_e c^2$

动能定理：  $A = E_K$



15. 令电子的速率为 $v$ ，则电子的动能  $E_K$  对于比值  $v/c$  的图线可用下列图中哪一个图表示？  
( $c$  表示真空中光速) [ D ]



16. 质子在加速器中被加速，当其动能为静止能量的3倍时，其质量为静止质量的 4 倍.

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = (\gamma - 1)m_0c^2 \Rightarrow \gamma - 1 = 3$$

$$\Rightarrow \gamma = 4$$