

大学物理 B 相对论作业

1. 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

2. 一火箭的固有长度为 L , 相对于地面作匀速直线运动的速度为 v_1 , 火箭上有一个人从火箭的后端向火箭前端上的一个靶子发射一颗相对于火箭的速度为 v_2 的子弹. 在火箭上测得子弹从射出到击中靶的时间间隔是: (c 表示真空中光速) [B]

- (A) $\frac{L}{v_1 + v_2}$ (B) $\frac{L}{v_2}$ (C) $\frac{L}{v_2 - v_1}$ (D) $\frac{L}{v_1 \sqrt{1 - (v_1/c)^2}}$

3. 在速度 $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$ 情况下粒子的动量等于非相对论动量的两倍.

相对论动量: $m\mathbf{v}$ 非相对论动量: $m_0\mathbf{v}$

$$\frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} v = 2m_0 v \quad v = \frac{\sqrt{3}}{2} c = 0.866c$$

4. 某加速器将电子加速到能量 $E = 2 \times 10^6 \text{ eV}$ 时, 该电子的动能是 $1.49 \times 10^6 \text{ eV}$.

(电子的静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$)

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = E - m_e c^2 = 2 \times 10^6 \text{ eV} - \frac{9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2}{1.60 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 1.49 \times 10^6 \text{ eV}$$

5. 一体积为 V_0 , 质量为 m_0 的立方体沿其一棱的方向相对于观察者 A 以速度 v 运动. 求: 观察者 A 测得其密度是多少?

解: 在静止惯性系中

体积 $V_0 = abc$, 密度 $\rho = m_0/V_0$

在观察者看来

体积 $V = a'bc$, $a' = a(1 - v^2/c^2)^{1/2}$, 质量

$m = m_0/(1 - v^2/c^2)^{1/2}$

联立: $\rho' = m_0/[V_0(1 - v^2/c^2)]$

6. 一艘宇宙飞船的船身固有长度为 $L_0 = 90\text{m}$ ，相对于地面以 $v = 0.8c$ （ c 为真空中光速）的匀速度在地面观测站的上空飞过。

(1) 观测站测得飞船的船身通过观测站的时间间隔是多少？

(2) 宇航员测得船身通过观测站的时间间隔是多少？

解：(1) 观测站测得船身的长度为：

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} = 90 \sqrt{1 - 0.8^2} = 54\text{m};$$

通过观测站的时间间隔为：

$$\Delta t = \frac{L}{u} = \frac{54\text{m}}{0.8c} = 2.25 \times 10^{-7}\text{s};$$

(2) 宇航员测得飞船船身通过观测站的时间间隔为：

$$\Delta t = \frac{L_0}{u} = \frac{90\text{m}}{0.8c} = 3.75 \times 10^{-7}\text{s};$$

7. (1) 如果将电子由静止加速到速率为 $0.1c$ ，须对它作多少功？

(2) 如果将电子由速率为 $0.8c$ 加速到 $0.9c$ ，又须对它作多少功？

解析：在相对论力学中，动能定理仍然成立，即 $W = \Delta E_k = E_{k2} - E_{k1}$ ，但需注意动能 E_k 不能用 $\frac{1}{2}mv^2$ 表

示。动能等于总能量与静能量之差，即 $E_k = mc^2 - m_0c^2$ 。

答案：由相对论的功能表达式和质速关系可得当电子速率从 v_1 增加到 v_2 时，电子动能的增量为

$$\Delta E_k = E_{k2} - E_{k1} = (m_2c^2 - m_0c^2) - (m_1c^2 - m_0c^2) = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}} \right), \text{ 根据动能定理, 当}$$

$v_1 = 0, v_2 = 0.10c$ 时，外力所做的功为 $W = \Delta E_k = 2.58 \times 10^3 \text{ eV}$ 。

当 $v_1 = 0.80c, v_2 = 0.90c$ 时，外力所做的功为 $W' = \Delta E_k' = 3.21 \times 10^5 \text{ eV}$ 。