



⑤总能（质能关系）： $E = mc^2$

⑥动量能量关系式： $E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$

基本要求：

1. 了解狭义相对论产生的历史背景
2. 了解牛顿的绝对时空观及伽利略坐标变换式
3. 了解狭义相对论的两个基本原理
4. 掌握狭义相对论的时空观（同时性的相对性、时间的延缓、长度的收缩）及洛伦兹变换式
5. 掌握狭义相对论中的质速关系，质能关系

### 一、选择题

1. 静止参照系  $S$  中有一尺子沿  $x$  方向放置不动，运动参照系  $S'$  沿  $x$  轴运动， $S$ 、 $S'$  的坐标轴平行。在不同参照系测量尺子的长度时必须注意

- [     ] (A)  $S'$  与  $S$  中的观察者可以不同时地去测量尺子两端的坐标。  
(B)  $S'$  中的观察者可以不同时，但  $S$  中的观察者必须同时去测量尺子两端的坐标。  
(C)  $S'$  中的观察者必须同时，但  $S$  中的观察者可以不同时去测量尺子两端的坐标。  
(D)  $S'$  与  $S$  中的观察者都必须同时去测量尺子两端的坐标。

2. 下列几种说法：

- (1) 所有惯性系对一切物理规律都是等价的。  
(2) 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度都相同。

其中哪些正确的？

- [     ] (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。

3. 边长为  $a$  的正方形薄板静止于惯性系  $K$  的  $xOy$  平面内，且两边分别与  $x$  轴、 $y$  轴平行，今有惯性系  $K'$  以  $0.8c$ （ $c$  为真空中光速）的速度相对于  $K$  系沿  $x$  轴作匀速直线运动，则从  $K'$  系测得薄板的面积为

- [     ] (A)  $a^2$ .                      (B)  $0.6a^2$ .                      (C)  $0.8a^2$ .                      (D)  $a^2/0.6$ .

4. 在某地发生两件事，静止位于该地的甲测得时间间隔为  $6s$ ，若相对甲以  $4c/5$  ( $c$  表示真空中光速) 的速率作匀速直线运动的乙测得时间间隔为

- [     ] (A)  $10s$ .    (B)  $8s$ .    (C)  $6s$ .    (D)  $3.6s$ .    (E)  $4.8s$ .

5. (1) 对某观察者来说，发生在某惯性系中同一地点，同一时刻的两个事件，对于相对该惯性系作匀速直线运动的其它惯性系的观察者来说，它们是否同时发生？

(2) 在某惯性系中发生于同一时刻，不同地点的两个事件，它们在其它惯性系中是否同时发生？

关于上述两问题的正确答案是:

- [     ] (A) (1)一定同时, (2)一定不同时.  
(B) (1)一定不同时, (2)一定同时.  
(C) (1)一定同时, (2)一定同时.  
(D) (1)一定不同时, (2)一定不同时.

6. 圆柱形均匀棒静止时的密度为 $\rho_0$ , 当它以速率  $u$  沿其长度方向运动时, 测得它的密度为 $\rho$ , 则两测量结果的比 $\rho:\rho_0$ 是

- [     ] (A)  $\sqrt{1-u^2/c^2}$ . (B)  $1/\sqrt{1-u^2/c^2}$ . (C)  $1-u^2/c^2$ . (D)  $1/(1-u^2/c^2)$ .

7. 把一个静止质量为  $m_0$  的粒子由静止加速到  $0.6c$ , 需要做的功是

- [     ] (A)  $0.225m_0c^2$ . (B)  $0.25m_0c^2$ . (C)  $0.36m_0c^2$ . (D)  $0.18m_0c^2$ .

8. 电子的静止质量  $m_0$ , 当电子以  $0.8c$  的速度运动时, 它的动量  $p$ , 动能  $E_k$  和能量  $E$  分别是

- [     ] (A)  $p = 4m_0c/3$ ,  $E_k = 2m_0c^2/3$ ,  $E = 5m_0c^2/3$ .  
(B)  $p = 0.8m_0c$ ,  $E_k = 0.32m_0c^2$ ,  $E = 0.64m_0c^2$ .  
(C)  $p = 4m_0c/3$ ,  $E_k = 8m_0c^2/18$ ,  $E = 5m_0c^2/3$ .  
(D)  $p = 0.8m_0c$ ,  $E_k = 2m_0c^2/3$ ,  $E = 0.64m_0c^2$ .

9. 一观察者测得电子质量是其静止质量  $m_0$  的两倍, 则电子相对观察者的速率  $v$ 、动能  $E_k$  分别是

- [     ] (A)  $\sqrt{3}c/2$ ,  $2m_0c^2$ . (B)  $c/2$ ,  $2m_0c^2$ .  
(C)  $\sqrt{3}c/2$ ,  $m_0c^2$ . (D)  $c/2$ ,  $m_0c^2$ .

10. 某核电站年发电量为 100 亿度, 它等于  $3.6 \times 10^{16} \text{J}$ . 如果这些能量是由核材料的全部静止能转化产生的, 则需要消耗的核材料的质量为

- [     ] (A)  $0.4 \text{kg}$ . (B)  $0.8 \text{kg}$ . (C)  $12 \times 10^7 \text{kg}$ . (D)  $(1/12) \times 10^7 \text{kg}$ .

## 二、填空题

1. 有一速度为  $u$  的宇宙飞船沿  $x$  轴的正方向飞行, 飞船头尾各有一个脉冲光源在工作, 处于船尾的观察者测得船头光源发出的光脉冲的传播速度大小为\_\_\_\_\_; 处于船头的观察者测得船尾光源发出的光脉冲的传播速度大小为\_\_\_\_\_.

2. 一火箭以  $0.8c$  在空中竖直向上匀速直线飞行时, 若火箭上发出某信号的持续时间为  $2.4 \text{s}$ , 则相对于地面观察者, 该信号的持续时间为\_\_\_\_\_.

3. 观察者测得运动棒的长度是它静止长度的一半, 设棒沿其长度方向运动, 则棒相对于观察者运动的速度是\_\_\_\_\_.

4. 观察者甲以  $\frac{4}{5}c$  的速度( $c$  为真空中光速)相对于观察者乙运动, 若甲携带一长度为  $l$ 、截面积为  $S$ 、质量为  $m$  的棒, 这根棒安放在运动方向上, 则

(1) 甲测得此棒的密度为\_\_\_\_\_;

(2) 乙测得此棒的密度为\_\_\_\_\_。

5. 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  $E_k =$ \_\_\_\_\_eV.

## 三、计算题

1. 观察者甲和乙分别静止于两惯性参照系  $K$  和  $K'$  中,甲测得在同一地点发生的两事件的时间间隔为 4s,而乙测得这两事件的时间间隔为 5s. 求

- (1)  $K'$  相对于  $K$  的运动速度;
- (2) 乙测得这两个事件发生地点的空间距离.

2. 静止长度为 90m 的宇宙飞船以相对地球  $0.8c$  的速度飞离地球,一光脉冲从船尾传到船头. 求:(1) 飞船上的观察者测得该光脉冲走的时间和距离; (2) 地球上的观察者测得该光脉冲走的时间和距离.

3. 一电子经加速器加速后获得了 1MeV 的能量,求电子的速度  $v$ 、动量  $p$ 、能量  $E$  的大小.

4. 一物体的速度使其质量增加 10%, 此物在其运动方向上的长度缩短了多少?

## 参考答案

No.15

一.选择

1. (C) 2. (D) 3. (B) 4. (A) 5. (A)

6. (D) 提示:  $\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{m/l}{m_0/l_0} = \frac{m}{m_0} \times \frac{l_0}{l} = \frac{m_0/\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}{m_0} \times \frac{l_0}{l_0\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} = \frac{1}{1-\frac{u^2}{c^2}}$

7. (B) 8. (A) 9. (C) 10. (A)

二. 填空

1. c c 2. 4s 3.  $\frac{\sqrt{3}}{2}c$  4.  $\frac{m_0}{Sl}, \frac{m_0}{0.36Sl}$

5. 1.49MeV 提示: 电子的静质量  $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ ,  $E_k = E - m_0 c^2$ , 代入计算即可得结果

果

三、计算题

1. 解: 由于,  $\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}$   $5 = \frac{4}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}$

得到,  $K'$  相对于  $K$  的运动速度  $u = \frac{3}{5}c$

由于,  $x' = \frac{x-ut}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}$

所以, 乙测得这两个事件发生地点的空间距离

$$x' = \frac{0 - \frac{3}{5}c \times 4}{\sqrt{1 - \frac{9}{25}}} = -3c$$

2. 解: (1) 飞船上的观察者测得该光脉冲走的时间

$$t' = \frac{L_0}{c} = \frac{90}{c} = 3.0 \times 10^{-7} \text{ s}$$

距离  $s = L_0$

(2) 地球上的观察者测得该光脉冲走的距离  $L = L_0 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} = \frac{270}{5} m$

时间  $t = \frac{L}{c} = 1.8 \times 10^{-7} s$

3. 解: 电子经加速后获得的动能  $E_k = m_0 c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$

即  $1 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} = 9.11 \times 10^{-31} \times 9 \times 10^{16} \times \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$

所以 电子的速度为  $v \approx 0.86c$

有效质量  $m = m_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}} = 1.95m_0$

动量,  $p = mv \approx 4.6 \times 10^{-22} kg \cdot m/s$

能量,  $E = mc^2 \approx 1.6 \times 10^{-13} J$

4. 解:

物体有效质量,  $m = m_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$

所以,  $\frac{m}{m_0} = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}} = 1.1$

所以,  $L = L_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}$  得到,  $\frac{L}{L_0} = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}} \approx 0.91$

物在其运动方向上的长度缩短到原来的 0.91 倍。