

| 批阅人 | 班级 | 学号 | 姓名 | 得分 |
|-----|----|----|----|----|
|     |    |    |    |    |

## 一 选择题

- 5.1.1. 根据同时的相对性, 下列说法正确的有哪些 ( )。
- (A) 在一个惯性系中同时、不同地发生的两个事件, 在另一个惯性系中可能同地发生;  
 (B) 在一个惯性系中同时、同地发生的两个事件, 在另一个惯性系中可能不同时发生;  
 (C) 在一个惯性系中不同时、不同地发生的两个事件, 在另一个惯性系中可能同时发生;  
 (D) 在一个惯性系中不同时、不同地发生的两个事件, 在另一个惯性系中不可能同时发生。
- 5.1.2. 惯性系  $S'$  相对惯性系  $S$  沿  $X$  轴正向以速度  $v$  运动, 两坐标系的坐标原点重合时  $t = t' = 0$ 。在  $S$  中观测到两事件分别发生在  $(x_1, t_1)$  和  $(x_2, t_2)$ , 在  $S'$  中观测到两事件分别发生在  $(x'_1, t'_1)$  和  $(x'_2, t'_2)$ 。按照狭义相对论, 如果在  $S$  中观测到  $t_2 > t_1$ , 则 ( )。
- (A) 在  $S'$  中观测到  $t'_2 < t'_1$  在任何情况下都是不可能的;  
 (B) 在  $S'$  中观测到  $t'_2 < t'_1$  是不可能的, 如果  $x_1$  和  $x_2$  是一个相对  $S$  运动的物体分别在  $t_1$  时刻和  $t_2$  时刻的位置;  
 (C) 在  $S'$  中观测到  $t'_2 < t'_1$  是可能的, 只要  $x_1$  和  $x_2$  是一个相对  $S$  运动的物体分别在  $t_1$  时刻和  $t_2$  时刻的位置即可;  
 (D) 在  $S'$  中观测到  $t'_2 < t'_1$  是可能的, 只要  $x_1$  和  $x_2$  足够接近即可。
- 5.1.3. 一刚性尺固定在  $S'$  中, 它与  $x'$  轴正向夹角  $\theta' = 45^\circ$ , 在相对  $S'$  系以速率  $v$  沿  $x'$  轴作匀速直线运动的  $S$  系中, 测得该尺与  $x$  轴正向夹角为 ( )。
- (A)  $\theta = 45^\circ$  (B)  $\theta < 45^\circ$  (C)  $\theta > 45^\circ$  (D)  $\theta = 60^\circ$
- 5.1.4. 质子在加速器中被加速, 当其动能为静止能量的 4 倍时, 其质量为静止质量的 ( )。
- (A) 4 倍 (B) 5 倍 (C) 6 倍 (D) 8 倍
- 5.1.5. 若使静止质量  $m_0 \neq 0$  的粒子的总能量为其静能的 3 倍, 它的速率为 ( )
- (A)  $\frac{8}{9}c$  (B)  $\frac{2\sqrt{2}}{3}c$  (C)  $\frac{1}{3}c$  (D)  $\frac{1}{9}c$
- 5.1.6. 在狭义相对论中, 下列说法中哪些是正确的? ( )。
- (1) 一切运动物体相对于观察者的速度都不能大于真空中的光速  
 (2) 质量、长度、时间的测量结果都随物体与观察者的相对运动状态而改变  
 (3) 在一惯性系中发生于同一时刻、不同地点的两个事件在其他一切惯性系中也是同时发生的  
 (4) 惯性系中的观察者观察一个与它作匀速相对运动的时钟时, 会看到这时钟比与它相对静止的相同的时钟走得慢些
- (A) (1), (3), (4) (B) (1), (2), (4)  
 (C) (1), (2), (3) (D) (2), (3), (4)
- 5.1.7. 在某地发生两件事, 与该处相对静止的甲测得时间间隔为 4 s, 若相对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 ( )。
- (A)  $4c/5$  (B)  $c/5$  (C)  $2c/5$  (D)  $3c/5$

5.1.8. 某不稳定粒子的固有寿命是  $1.0 \times 10^{-6} \text{ s}$ ，在实验室参考系中测得它的速度为  $2.0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，则在实验室中此粒子从产生到湮灭能飞行的距离为（ ）。

- (A) 149 m (B) 200 m (C) 268 m (D) 402 m

5.1.9. 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（ ）。

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

5.1.10. 设想从  $K'$  系的坐标原点  $O'$  沿  $x'$  方向反射一光波，在  $K'$  系中测得光速  $u_x' = c$ ，则光对  $K$  系的速度  $u_x$  应为：（ ）

- (A)  $\frac{2}{3}c$  (B)  $\frac{4}{5}c$  (C)  $\frac{1}{3}c$  (D)  $c$

## 二 填空题

5.2.1. 狭义相对论是建立在\_\_\_\_\_原理和\_\_\_\_\_原理的基础上的。

5.2.2. 在地面上测得沿铁路的两个信号灯的闪光之间相差了  $10^{-5} \text{ s}$ ，而在另一相对地面以  $20 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  的速率飞行的飞船上测得这两个闪光是同时发生的，则飞船上测得两信号灯的距  
离为\_\_\_\_\_。

5.2.3.  $\mu$  子的静止寿命为  $2.2 \mu\text{s}$ 。在地球上测得宇宙射线中高速  $\mu$  子的平均寿命为  $16 \mu\text{s}$ 。则这些宇宙射线相对地球的速率为\_\_\_\_\_。

5.2.4. 静长为  $15 \text{ m}$  的宇宙飞船以  $0.8c$  的速率飞越地面站。则在地面测得的飞船长度为\_\_\_\_\_，飞船从头到尾飞越地面站所用的时间\_\_\_\_\_。

5.2.5. 某高能粒子进入探测器后，在衰变前留下一条  $0.5 \text{ mm}$  的径迹。已知该粒子的速率为  $0.995c$ ，则它的固有寿命为\_\_\_\_\_。

5.2.6. 有一静止质量为  $m_0$ ，边长为  $a$  的正方形薄板。若此薄板以速率  $v = 0.6c$  沿其任一边长方向运动，则其面密度变为\_\_\_\_\_。

5.2.7. 如果要使一个  $45 \text{ g}$  的高尔夫球变得相当于一个  $600 \text{ g}$  的篮球一样重，它的速度应为  $v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。这时它看起来是一个椭球，其半长轴与半短轴之比为  $a/b = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

5.2.8. 狭义相对论时空观认为：时间与\_\_\_\_\_是不可分割的，运动方向上的长度将会\_\_\_\_\_，运动的时钟将会变\_\_\_\_\_。

5.2.9. 真空中的光速  $c$  是一切运动物体的\_\_\_\_\_速度，静止质量\_\_\_\_\_（填为零或不为零）的粒子，其速度不可能达到光速。

5.2.10. 已知惯性系  $S'$  相对惯性系  $S$  以  $0.5c$  的匀速度沿  $x$  轴方向运动，若从  $S'$  系的坐标原点  $O'$  沿  $x$  轴正方向发出一光波，则  $S$  系中测得此光波的波速为\_\_\_\_\_。

### 三 计算题

5.3.1. 观察者 A 报告在相对他静止的 S 参考系内, 在时刻  $2\mu\text{s}$ 、 $x$  轴上  $600\text{ m}$  处发生一物理事件。观察者 B 在相对 S 以  $0.8c$  向  $x$  轴正方向运动的  $S'$  系中。已知两坐标系的对应坐标轴相互平行, 两坐标原点重合时  $t = t' = 0$ 。求:

(1) B 观测到的该物理事件发生的时刻和位置;

(2) 如果  $S'$  向  $x$  轴负方向运动, 该事件发生的时刻和位置。

解:

5.3.2. 某观察者观测到在她右侧离她 1200 m 处的一次闪光,  $10\text{ }\mu\text{s}$  后在她左侧离她 1200 m 处发生了另一闪光。如果在另一参考系观测到这两次闪光为同地发生, 求:

- (1) 这个参考系相对该观察者的运动方向和速率;
- (2) 这个参考系观测到的两次闪光的时间差。

解:

5.3.3. 一事件在  $S'$  系中发生在  $t' = 8 \times 10^{-8} \text{ s}$  时刻,  $x' = 60 \text{ m}$ ,  $y' = z' = 0$  处。若  $S'$  系相对于  $S$  系以速度  $0.6c$  沿  $x$  轴正方向运动, 求该事件在  $S$  系中的时空坐标。

解:

5.3.4. 一长为  $35 \text{ m}$  的宇宙飞船相对某星球的速率为  $0.8c$ , 一颗流星以相对该星球相同的速率迎面飞过飞船。试求:

- (1) 飞船上观测到的流星的速率;
- (2) 飞船上观测到此流星由头至尾经过飞船所花的时间。

解:

5.3.5. 站在地球上的某科学家测得一个微观粒子在地球上空 50 km 处生成后以  $0.995c$  的速度飞向地球。求:

- (1) 地球上观察粒子飞到地面需要的时间;
- (2) 在粒子上看来, 它处于地球上空的高度;
- (3) 粒子的固有寿命至少要多长才能飞到地面。

解:

5.3.6. 带正电的  $\pi^+$  介子是一种不稳定的粒子(衰变为  $\mu$  介子与中微子)。其静止时平均寿命为  $\tau_0 = 2.5 \times 10^{-8} \text{ s}$ 。用高能加速器把  $\pi^+$  介子加速到  $u = 0.99c$ , 求:  $\pi^+$  介子平均一生最长行程。(实验室测得  $\pi^+$  衰变前通过的平均距离为 52 m)

解:

5.3.7. 地球上的天文学家测定相距  $8 \times 10^{11} \text{ m}$  的两个火山同时爆发。在经过两火山的飞船中，空间旅行者也观察到了这两个事件，如果飞船以速率  $2.5 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  相对地球运动，则对空间旅行者来说：（1）哪一个火山先爆发？（2）这两个火山的距离是多？

解：

5.3.8. 两惯性系  $S'$  和  $S$ ，各对应坐标轴相互平行，彼此沿  $xx'$  方向作匀速直线运动。若有一米尺静止在  $S'$  系中，与  $o'x'$  轴成  $30^\circ$  角。而在  $S$  系中测得该米尺与  $ox$  成  $45^\circ$  角。问  $S'$  相对  $S$  的速度是多少？ $S$  系测得米尺长度是多少？

解：

5.3.9. 现有两个以相同速率相向运动的质子发生对心碰撞后静止下来，并产生一个静止的 $\eta^0$ 粒子。求：（1）两质子原来的速率；（2）每个质子原来的动能；（3）产生一个静止 $\eta^0$ 粒子的静能为多少？这个静能与两质子原来的动能总和有什么关系。（质子的静止质量 $m_0=1.67\times 10^{-27}\text{ kg}$ ， $\eta^0$ 粒子的静止质量 $m_0'=9.75\times 10^{-28}\text{ kg}$ 。）

解：

5.3.10.  $\mu$ 子的静止质量是电子的 207 倍，固有寿命为  $2.2\mu\text{s}$ 。今在实验室测得一  $\mu$  子的寿命为  $6.5\mu\text{s}$ 。试求：（1）实验室中该  $\mu$  子的速率；（2）实验室中该  $\mu$  子的动能；（3）实验室中该  $\mu$  子的总能量；（4）实验室中该  $\mu$  子的动量。

解：



5.3.11. 设某微观粒子的静止质量为  $m_0$ ，其总能量是它的静止能量的  $K$  倍。求粒子的运动速度的大小和动能。

解:

5.3.12. 求一个质子和一个中子结合成一个氘核时放出的能量。已知它们的静止质量分别为

质子  $m_p = 1.67262 \times 10^{-27} \text{ kg}$

中子  $m_n = 1.67493 \times 10^{-27} \text{ kg}$

氘核  $m_D = 3.34359 \times 10^{-27} \text{ kg}$

解:

5.3.13. 太阳的辐射能来自其内部的核聚变反应。太阳每秒钟向周围空间辐射出的能量约为  $5 \times 10^{26} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$ ，由于这个原因，太阳每秒钟减少多少质量？

解:

5.3.14. 氢弹利用了聚变反应, 在该反应中, 各氢原子核的中子聚变成质量较大的核, 每用 1 g 氢, 约损失 0.006 g 静止质量。求在这种反应中释放出来的能量与同量的氢燃烧成水时释放出来的能量的比值。已知氢被燃烧时, 1g 氢释放  $1.3 \times 10^5 \text{ J}$  的能量。

解:

5.3.15. 某参考系中观察到两个质量都为  $m_0$  的粒子以相同的速度  $v$  相向运动, 求:

- (1) 如果在其中一个粒子上观察, 另一个粒子的质量、动能、动量;
- (2) 如果两粒子发生碰撞而合成一个新粒子, 新粒子的静止质量。

解: