

第三章 相对论

一、选择题

第 136 题

【4351】宇宙飞船相对于地面以速度 v 作匀速直线飞行，某一时刻飞船头部的宇航员向飞船尾部发出一个光讯号，经过 Δt (飞船上的钟) 时间后，被尾部的接收器收到，则由此可知飞船的固有长度为 (c 表示真空中光速)

- (A) $c\Delta t$ (B) $v\Delta t$ (C) $\frac{c\Delta t}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$ (D) $c\Delta t\sqrt{1-(v/c)^2}$

第 137 题

【4352】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)

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

第 138 题

【8015】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

- (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

第 139 题

【4164】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、时间的测量结果都是随物体与观察者的相对运动状态而改变的；(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他作匀速相对运动的时钟时，会看到这时钟比与他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)

第 140 题

【4169】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) $0.8c$ (B) $0.6c$ (C) $0.4c$ (D) $0.2c$

第 141 题

【4356】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)

- (A) $0.5c$ (B) $0.6c$ (C) $0.8c$ (D) $0.9c$

第 142 题

【4358】 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° 角。今在 K 系中观测得该尺与 Ox 轴成 45° 角，则 K' 系相对于 K 系的速度是：

- (A) $(2/3)c$ (B) $(1/3)c$ (C) $\sqrt{2/3}c$ (D) $\sqrt{1/3}c$

第 143 题

【4359】(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中的观察者来说，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？关于上述两个问题的正确答案是：

- (A) (1) 同时，(2) 不同时 (B) (1) 不同时，(2) 同时
(C) (1) 同时，(2) 同时 (D) (1) 不同时，(2) 不同时
(E) (1) 同时，(2) 可能同时，也可能不同时

第 144 题

【4355】边长为 a 的正方形薄板静止于惯性系 K 的 Oxy 平面内，且两边分别与 x ， 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) $0.6a^2$ (B) $0.8a^2$ (C) a^2 (D) $a^2/0.6$

第 145 题

【5362】一匀质矩形薄板，在它静止时测得其长为 a ，宽为 b ，质量为 m_0 。由此可算出其面积密度为 $m_0/(ab)$ 。假定该薄板沿长度方向以接近光速的速度 v 作匀速直线运动，此时再测算该矩形薄板的面积密度则为

- (A) $\frac{m_0\sqrt{1-(v/c)^2}}{ab}$ (B) $\frac{m_0}{ab\sqrt{1-(v/c)^2}}$ (C) $\frac{m_0}{ab[1-(v/c)^2]}$ (D) $\frac{m_0}{ab[1-(v/c)^2]^{3/2}}$

第 146 题

【5613】关于同时性的以下结论中，正确的是

- (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

第 147 题

【5614】两个惯性系 S 和 S' ，沿 $x(x')$ 轴方向作匀速相对运动。设在 S' 系中某点先后发生两个事件，用静止于该系的钟测出两事件的时间间隔为 τ_0 ，而用固定在 S 系的钟测出这两个事件的时间间隔为 τ 。又在 S' 系 x' 轴上放置一静止于该系，长度为 l_0 的细杆，从 S 系测得此杆的长度为 l ，则

- (A) $\tau < \tau_0; l < l_0$ (B) $\tau < \tau_0; l > l_0$ (C) $\tau > \tau_0; l > l_0$ (D) $\tau > \tau_0; l < l_0$

第 148 题

【4173】设某微观粒子的总能量是它的静止能量的 K 倍，则其运动速度的大小为：

- (A) $\frac{c}{K-1}$ (B) $\frac{c}{K}\sqrt{1-K^2}$
 (C) $\frac{c}{K}\sqrt{K^2-1}$ (D) $\frac{c}{K+1}\sqrt{K(K+2)}$

第 149 题

【4174】某核电站年发电量为 100 亿度，它等于 36×10^{15} J 的能量，如果这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 kg (B) 0.8 kg (C) $(1/12) \times 10^7$ kg (D) 12×10^7 kg

第 150 题

【4177】根据相对论力学，动能为 0.25 MeV 的电子，其运动速度约等于 (c 表示真空中的光速，电子的静能 $m_0c^2 = 0.51$ MeV)

- (A) $0.1c$ (B) $0.5c$ (C) $0.75c$ (D) $0.85c$

第 151 题

【4498】一个电子运动速度 $v = 0.99c$ ，它的动能是：(电子的静止能量为 0.51 MeV)

- (A) 4.0 MeV (B) 3.5 MeV (C) 3.1 MeV (D) 2.5 MeV

第 152 题

【4724】 α 粒子在加速器中被加速，当其质量为静止质量的 3 倍时，其动能为静止能量的

- (A) 2 倍 (B) 3 倍 (C) 4 倍 (D) 5 倍

第 153 题

【4726】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 Δm 与静止质量 m_0 的比值近似为

- (A) 0.1 (B) 0.2 (C) 0.5 (D) 0.9

二、填空题

第 154 题

【4715】以速度 v 相对于地球作匀速直线运动的恒星所发射的光子，其相对于地球的速度大小为_____。

第 155 题

【4166】一观察者测得一沿米尺长度方向匀速运动着的米尺的长度为 0.5 m。则此米尺以速度 $v =$ _____m/s 接近观察者。

第 156 题

【4167】 μ 子是一种基本粒子，在相对于 μ 子静止的坐标系中测得其寿命为 $\tau_0 = 2 \times 10^{-6}$ s。如果 μ 子相对于地球的速度为 $v = 0.988c$ ，则在地球坐标系中测出的 μ 子的寿命 $\tau =$ _____。

第 157 题

【4171】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 $\Delta t' =$ _____s 后相遇。

第 158 题

【4363】牛郎星距离地球约 16 光年，宇宙飞船若以 _____ 的匀速度飞行，将用 4 年的时间 (宇宙飞船上的钟指示的时间) 抵达牛郎星。

第 159 题

【5616】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_____。

第 160 题

【4175】设电子静止质量为 m_e ，将一个电子从静止加速到速率为 $0.6c$ (c 为真空中光速)，需作功_____。

第 161 题

【4176】当粒子的动能等于它的静止能量时，它的运动速度为_____。

第 162 题

【4240】一电子以 $0.99c$ 的速率运动 (电子静止质量为 $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)，则电子的总能量是_____J，电子的经典力学的动能与相对论动能之比是_____。

第 163 题

【4499】(1) 在速度 $v =$ _____ 情况下粒子的动量等于非相对论动量的两倍。(2) 在速度 $v =$ _____ 情况下粒子的动能等于它的静止能量。

第 164 题

【4729】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_____ 倍。

第 165 题

【4730】 α 粒子在加速器中被加速，当其质量为静止质量的 5 倍时，其动能为静止能量的_____ 倍。

第 166 题

【4733】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_____。

第 167 题

【4734】匀质细棒静止时的质量为 m_0 ，长度为 l_0 ，当它沿棒长方向作高速的匀速直线运动时，测得它的长为 l ，那么，该棒的运动速度 $v =$ _____，该棒所具有的动能 $E_k =$ _____。

第 168 题

【5361】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。(电子的静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ， $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$)

三、计算题

第 169 题

【4364】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？

第 170 题

【4490】地球的半径约为 $R_0 = 6376 \text{ km}$ ，它绕太阳的速率约为 $v = 30 \text{ km/s}$ ，在太阳参考系中测量地球的半径在哪个方向上缩短得最多？缩短了多少？(假设地球相对于太阳系来说近似于惯性系)

第 171 题

【4491】假定在实验室中测得静止在实验室中的 μ^+ 子(不稳定的粒子)的寿命为 $2.2 \times 10^{-6} \text{ s}$ ，而当它相对于实验室运动时实验室中测得它的寿命为 $1.63 \times 10^{-5} \text{ s}$ 。试问：这两个测量结果符合相对论的什么结论？ μ^+ 子相对于实验室的速度是真空中光速 c 的多少倍？

第 172 题

【4500】一电子以 $v = 0.99c$ (c 为真空中光速)的速率运动。试求：(1) 电子的总能量是多少？(2) 电子的经典力学的动能与相对论动能之比是多少？(电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

第三章 相对论

一、选择题

第 136 题

【4351】宇宙飞船相对于地面以速度 v 作匀速直线飞行，某一时刻飞船头部的宇航员向飞船尾部发出一个光讯号，经过 Δt (飞船上的钟) 时间后，被尾部的接收器收到，则由此可知飞船的固有长度为 (c 表示真空中光速)

- (A) $c\Delta t$ (B) $v\Delta t$ (C) $\frac{c\Delta t}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$ (D) $c\Delta t\sqrt{1-(v/c)^2}$

解析

【答案】A

【解析】光速不变原理。

从宇宙飞船上看，光运行了 Δt 时间，光的运行速度为 c ，所以走过的路程即为飞船相对飞船本身的长度，即固有长度，所以为 $c\Delta t$ 。

第 137 题

【4352】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)

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

解析

【答案】B

【解析】

从火箭上看，子弹的速度为 v_2 ，子弹运动的距离为 L ，所以所用的时间为 $\Delta t = L/v_2$ 。

第 138 题

【8015】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

- (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

解析

【答案】D

【解析】狭义相对论的基本原理。
狭义相对性原理和光速不变原理。

第 139 题

【4164】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、时间的测量结果都是随物体与观察者的相对运动状态而改变的; (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他作匀速相对运动的时钟时, 会看到这时钟比与他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)

解析

【答案】B

【解析】相对论基本原理和基本效应。

在一个惯性参考系中, 发生于同一时刻, 不同地点的两个事件的时空坐标分别为 (x_1, y_1, z_1, t_1) 和 (x_2, y_2, z_2, t_2) , 其中 $t_1 = t_2$, 在另一个惯性参考系中的时空坐标分别为 (x'_1, y'_1, z'_1, t'_1) 和 (x'_2, y'_2, z'_2, t'_2) , 根据洛伦兹变换关系, 有

$$t'_1 = \frac{-\frac{u}{c^2}x_1 + t_1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

$$t'_2 = \frac{-\frac{u}{c^2}x_2 + t_2}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

所以, 在第二个惯性参考系中观测到的两个事件的时间间隔为

$$\begin{aligned} t'_2 - t'_1 &= \frac{-\frac{u}{c^2}x_2 + t_2}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} - \frac{-\frac{u}{c^2}x_1 + t_1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = \frac{(-\frac{u}{c^2}x_2 + t_2) - (-\frac{u}{c^2}x_1 + t_1)}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = \frac{-\frac{u}{c^2}(x_2 - x_1) + (t_2 - t_1)}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \\ &= \frac{-\frac{u}{c^2}(x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \end{aligned}$$

这个时间间隔可能为零, 也可能不为零, 为零表示同时发生, 不为零表示不同时发生, 所以, 这两个事件在另一个惯性参考系中观察时可能同时发生, 也可能不同时发生。

第 140 题

【4169】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) $0.8c$ (B) $0.6c$ (C) $0.4c$ (D) $0.2c$

解析

【答案】B

【解析】钟慢效应。

根据洛伦兹变换关系

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

假定事件发生地为 (x, y, z) ，甲测得的两个事件发生的时刻分别为 t_1 和 t_2 ，则乙测得的两个事件发生的时刻分别为

$$t'_1 = \frac{-\frac{u}{c^2}x + t_1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

$$t'_2 = \frac{-\frac{u}{c^2}x + t_2}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

依题意， $t_2 - t_1 = 4$ s，则

$$t'_2 - t'_1 = \frac{-\frac{u}{c^2}x + t_2}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} - \frac{-\frac{u}{c^2}x + t_1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = \frac{4}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = 5$$

$$\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{u}{c} = \frac{3}{5}$$

$$u = \frac{3}{5}c$$

第 141 题

【4356】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)

- (A) $0.5c$ (B) $0.6c$ (C) $0.8c$ (D) $0.9c$

解析

【答案】C

【解析】尺缩效应。

1 光年【可简称为 1 l.y.】为光走 1 年所经过的路程。星球离地球 5 光年，是指地球上的观察者测得的二者之间的距离，而坐在火箭上的宇航员测得的二者之间的距离为 3 光年，所以 5 光年是固有

长度，3 光年是运动长度，根据相对论的尺缩效应，有

$$\begin{aligned} L &= L_0 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \\ 3 &= 5 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \\ \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} &= \frac{L}{L_0} = \frac{3}{5} \\ 1 - \frac{u^2}{c^2} &= \frac{9}{25} \\ \frac{u^2}{c^2} &= 1 - \frac{9}{25} = \frac{16}{25} \\ u &= \frac{4}{5}c \end{aligned}$$

第 142 题

【4358】 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° 角。今在 K 系中观测得该尺与 Ox 轴成 45° 角，则 K' 系相对于 K 系的速度是：

- (A) $(2/3)c$ (B) $(1/3)c$ (C) $\sqrt{2/3}c$ (D) $\sqrt{1/3}c$

解析

【答案】C

【解析】尺缩效应。

假定刚性尺的固有长度为 L_0 ，依题意，在 K' 系中观察，它沿 x' 轴方向的长度为 $l_0 = L_0 \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}L_0$ ，沿 y' 轴方向的长度为 $h' = L_0 \sin 30^\circ = \frac{1}{2}L_0$ ，在 K 系中观察，它沿 x 轴方向的长度为 $l = L \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}L$ ，沿 y 轴方向的长度为 $h = L \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}L$ ，而垂直运动方向的尺度保持不变，即 $h' = h$ ，所以有

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}L_0 &= \frac{\sqrt{2}}{2}L \\ L_0 &= \sqrt{2}L \end{aligned}$$

而根据相对论的尺缩效应，有

$$\begin{aligned} l &= l_0 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \\ \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} &= \frac{l}{l_0} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}L}{\frac{\sqrt{3}}{2}L_0} = \frac{\sqrt{2}L}{\sqrt{3}L_0} = \frac{1}{\sqrt{3}} \\ 1 - \frac{u^2}{c^2} &= \frac{1}{3} \\ \frac{u^2}{c^2} &= \frac{2}{3} \end{aligned}$$

$$u = \sqrt{\frac{2}{3}}c$$

第 143 题

【4359】(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中的观察者来说, 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? 关于上述两个问题的正确答案是:

- (A) (1) 同时, (2) 不同时 (B) (1) 不同时, (2) 同时
 (C) (1) 同时, (2) 同时 (D) (1) 不同时, (2) 不同时
 (E) (1) 同时, (2) 可能同时, 也可能不同时

解析

【答案】本题答案的选项有问题, 正确的答案应该是 (1) 同时, (2) 可能同时, 也可能不同时。

【解析】同时的相对性。

两个事件的时空坐标在两个惯性系中分别为

	事件 1	事件 2
K 系	(x_1, y_1, z_1, t_1)	(x_2, y_2, z_2, t_2)
K' 系	(x'_1, y'_1, z'_1, t'_1)	(x'_2, y'_2, z'_2, t'_2)

(1) K 系中同一地点、同一时刻的两个事件, $x_1 = x_2, y_1 = y_2, z_1 = z_2, t_1 = t_2$, 根据洛伦兹变换关系

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

可得

$$t'_1 = \frac{-\frac{u}{c^2}x_1 + t_1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

$$t'_2 = \frac{-\frac{u}{c^2}x_2 + t_2}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = t'_1$$

所以, 在某惯性系中, 同一时刻同一地点发生的两件事情, 在任意惯性参考系中都是同一时刻同一地点发生的两件事。

(2) K 系中不同地点、同一时刻的两个事件, $t_1 = t_2, (x_1, y_1, z_1) \neq (x_2, y_2, z_2)$, 注意, 两个不同的地点, 可能 $x_1 = x_2$, 也可能 $x_1 \neq x_2$, 所以根据洛伦兹变换关系得到的 t'_1 和 t'_2 , 二者可能相等, 也可能不等。如果 $x_1 = x_2$, 则 $t'_1 = t'_2$; 如果 $x_1 \neq x_2$, 则 $t'_1 \neq t'_2$ 。

第 144 题

【4355】边长为 a 的正方形薄板静止于惯性系 K 的 Oxy 平面内，且两边分别与 x 、 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) $0.6a^2$ (B) $0.8a^2$ (C) a^2 (D) $a^2/0.6$

解析

【答案】A

【解析】尺缩效应。

在狭义相对论中，沿着物体运动方向的物体的尺寸会发生尺缩效应

$$l = l_0 \sqrt{1 - u^2/c^2}$$

而垂直物体运动方向的物体的尺寸不会发生变化，所以，在 K' 系中观察，薄板沿 y' 轴方向的长度仍然是 a ，而沿 x' 轴方向的长度为

$$a' = a \sqrt{1 - u^2/c^2} = 0.6a$$

因此，薄板的面积变为 $S' = 0.6a \times a = 0.6a^2$ 。

第 145 题

【5362】一匀质矩形薄板，在它静止时测得其长为 a ，宽为 b ，质量为 m_0 。由此可算出其面积密度为 $m_0/(ab)$ 。假定该薄板沿长度方向以接近光速的速度 v 作匀速直线运动，此时再测算该矩形薄板的面积密度则为

- (A) $\frac{m_0 \sqrt{1 - (v/c)^2}}{ab}$ (B) $\frac{m_0}{ab \sqrt{1 - (v/c)^2}}$ (C) $\frac{m_0}{ab [1 - (v/c)^2]}$ (D) $\frac{m_0}{ab [1 - (v/c)^2]^{3/2}}$

解析

【答案】C

【解析】尺缩效应和相对论质量。

在狭义相对论中，不仅物体的尺寸，而且物体的质量都会随物体的运动状态而发生改变。

根据相对论效应，当薄板沿长度方向以速度 v 作匀速直线运动时，其运动质量为

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

而其长变为

$$a' = a \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

宽保持不变 $b' = b$ ，所以其密度变为

$$\sigma' = \frac{m}{a'b'} = \frac{\frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}}{a \sqrt{1 - v^2/c^2} \times b} = \frac{m_0}{ab [1 - (v/c)^2]}$$

第 146 题

【5613】关于同时性的以下结论中，正确的是

- (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

解析

【答案】C

【解析】同时的相对性。

两个事件的时空坐标在两个惯性系中分别为

	事件 1	事件 2
K 系	(x_1, y_1, z_1, t_1)	(x_2, y_2, z_2, t_2)
K' 系	(x'_1, y'_1, z'_1, t'_1)	(x'_2, y'_2, z'_2, t'_2)

K 系中同一地点、同一时刻的两个事件， $x_1 = x_2$ ， $y_1 = y_2$ ， $z_1 = z_2$ ， $t_1 = t_2$ ，根据洛伦兹变换关系

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

可得

$$t'_1 = \frac{-\frac{u}{c^2}x_1 + t_1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

$$t'_2 = \frac{-\frac{u}{c^2}x_2 + t_2}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = t'_1$$

所以，在某惯性系中，同一时刻同一地点发生的两件事情，在任意惯性参考系中都是同一时刻同一地点发生的两件事。

K 系中不同地点、同一时刻的两个事件， $t_1 = t_2$ ， $(x_1, y_1, z_1) \neq (x_2, y_2, z_2)$ ，注意，两个不同的地点，可能 $x_1 = x_2$ ，也可能 $x_1 \neq x_2$ ，所以根据洛伦兹变换关系得到的 t'_1 和 t'_2 ，二者可能相等，也可能不等。如果 $x_1 = x_2$ ，则 $t'_1 = t'_2$ ；如果 $x_1 \neq x_2$ ，则 $t'_1 \neq t'_2$ 。

第 147 题

【5614】两个惯性系 S 和 S' ，沿 $x(x')$ 轴方向作匀速相对运动。设在 S' 系中某点先后发生两个事件，用静止于该系的钟测出两事件的时间间隔为 τ_0 ，而用固定在 S 系的钟测出这两个事件的时间间隔为 τ 。又在 S' 系 x' 轴上放置一静止于该系，长度为 l_0 的细杆，从 S 系测得此杆的长度为 l ，则

- (A) $\tau < \tau_0$; $l < l_0$ (B) $\tau < \tau_0$; $l > l_0$ (C) $\tau > \tau_0$; $l > l_0$ (D) $\tau > \tau_0$; $l < l_0$

解析

【答案】D

【解析】钟慢效应，尺缩效应。

钟慢效应

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} > \tau_0$$

尺缩效应

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} < l_0$$

第 148 题

【4173】设某微观粒子的总能量是它的静止能量的 K 倍，则其运动速度的大小为：

(A) $\frac{c}{K-1}$
 (C) $\frac{c}{K} \sqrt{K^2 - 1}$

(B) $\frac{c}{K} \sqrt{1 - K^2}$
 (D) $\frac{c}{K+1} \sqrt{K(K+2)}$

解析

【答案】C

【解析】相对论能量，相对论质量。

相对论能量

$$E = mc^2 = Km_0c^2 \Rightarrow m = Km_0$$

相对论质量

$$\begin{aligned} m &= \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = Km_0 \\ \sqrt{1 - v^2/c^2} &= \frac{1}{K} \\ 1 - \frac{v^2}{c^2} &= \frac{1}{K^2} \\ \frac{v^2}{c^2} &= 1 - \frac{1}{K^2} = \frac{K^2 - 1}{K^2} \\ v &= c \sqrt{\frac{K^2 - 1}{K^2}} = \frac{c}{K} \sqrt{K^2 - 1} \end{aligned}$$

第 149 题

【4174】某核电站年发电量为 100 亿度，它等于 36×10^{15} J 的能量，如果这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 kg

(B) 0.8 kg

(C) $(1/12) \times 10^7$ kg

(D) 12×10^7 kg

解析

【答案】A

【解析】质能关系。

根据相对论的质能关系

$$E = mc^2$$

可得

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{36 \times 10^{15}}{(3 \times 10^8)^2} = 0.4 \text{ kg}$$

第 150 题

【4177】根据相对论力学，动能为 0.25 MeV 的电子，其运动速度约等于 (c 表示真空中的光速，电子的静能 $m_0c^2 = 0.51 \text{ MeV}$)(A) $0.1c$ (B) $0.5c$ (C) $0.75c$ (D) $0.85c$

解析

【答案】C

【解析】相对论能量，相对论动能，相对论质量。

相对论动能

$$E_k = mc^2 - m_0c^2$$

$$mc^2 = E_k + m_0c^2$$

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{E_k + m_0c^2}{m_0c^2} m_0 = \frac{0.25 + 0.51}{0.51} m_0 = \frac{76}{51} m_0$$

相对论质量

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

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

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

$$v = c\sqrt{1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2} = c\sqrt{1 - \left(\frac{51}{76}\right)^2} \approx c\sqrt{1 - \left(\frac{50}{75}\right)^2} = c\frac{\sqrt{5}}{3} \approx 0.7454c$$

第 151 题

【4498】一个电子运动速度 $v = 0.99c$ ，它的动能是：(电子的静止能量为 0.51 MeV)

(A) 4.0 MeV

(B) 3.5 MeV

(C) 3.1 MeV

(D) 2.5 MeV

解析

【答案】C

【解析】相对论质量，相对论动能。

相对论质量

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 0.99^2}} \approx 7.1m_0$$

相对论动能

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = 6.1m_0c^2 = 6.1 \times 0.51 \approx 3.1 \text{ MeV}$$

第 152 题

【4724】 α 粒子在加速器中被加速，当其质量为静止质量的 3 倍时，其动能为静止能量的

(A) 2 倍 (B) 3 倍 (C) 4 倍 (D) 5 倍

解析

【答案】A

【解析】相对论动能。

相对论动能

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = 3m_0c^2 - m_0c^2 = 2m_0c^2$$

第 153 题

【4726】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 Δm 与静止质量 m_0 的比值近似为

(A) 0.1 (B) 0.2 (C) 0.5 (D) 0.9

解析

【答案】C

【解析】相对论动能。

相对论动能

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = (m - m_0)c^2 = (\Delta m)c^2 = \frac{\Delta m}{m_0}m_0c^2$$

$$\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{E_k}{m_0c^2} = \frac{0.25}{0.51} \approx 0.5$$

二、填空题

第 154 题

【4715】以速度 v 相对于地球作匀速直线运动的恒星所发射的光子，其相对于地球的速度大小为_____。

解析

【答案】 c

【解析】光速不变原理。

第 155 题

【4166】一观察者测得一沿米尺长度方向匀速运动着的米尺的长度为 0.5 m 。则此米尺以速度 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s 接近观察者。

解析

【答案】 2.598×10^8

【解析】尺缩效应。

米尺的静止长度 $l_0 = 1 \text{ m}$ 。根据尺缩效应

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$v = c \sqrt{1 - l^2/l_0^2} = c \sqrt{1 - 1/4} = \frac{\sqrt{3}}{2} c = 0.866 \times 3 \times 10^8 = 2.598 \times 10^8 \text{ m/s}$$

第 156 题

【4167】 μ 子是一种基本粒子，在相对于 μ 子静止的坐标系中测得其寿命为 $\tau_0 = 2 \times 10^{-6} \text{ s}$ 。如果 μ 子相对于地球的速度为 $v = 0.988c$ ，则在地球坐标系中测出的 μ 子的寿命 $\tau = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

解析

【答案】 $1.29 \times 10^{-5} \text{ s}$

【解析】钟慢效应。

钟慢效应

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{1 - 0.988^2}} \approx 1.29 \times 10^{-5} \text{ s}$$

第 157 题

【4171】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 $\Delta t' = \underline{\hspace{2cm}}$ s 后相遇。

解析

【答案】 $8.89 \times 10^{-8} \text{ s}$

【解析】钟慢效应，固有时的概念，本题较易出错。

固有时是相对静止时同一地点相继发生的两个事件的时间间隔。

以 O 来看，两者之间的距离 $l = 20 \text{ m}$ ，二者靠近的速度为 $v = 0.6c$ ，所以二者相遇所花的时间为 $\Delta t = l/v$ 。对于 O 来说，这两个事件并不在同一地点发生，因此这个所花的时间 $\Delta t = l/v$ 并不是这两个事件的固有时。

而对于 O' 来说， O 探测到 O' 的初始位置【事件 1】和二者相遇【事件 2】发生在同一地点，因此 O' 测得两者相遇所花的时间 $\Delta t'$ 才是这两个事件的固有时。根据钟慢效应，有

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

$$\Delta t' = (\Delta t)\sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{20}{0.6 \times 3 \times 10^8} \times \sqrt{1 - 0.6^2} \approx 8.89 \times 10^{-8} \text{ s}$$

第 158 题

【4363】牛郎星距离地球约 16 光年，宇宙飞船若以 _____ 的匀速度飞行，将用 4 年的时间 (宇宙飞船上的钟指示的时间) 抵达牛郎星。

解析

【答案】 $2.91 \times 10^8 \text{ m/s}$

【解析】钟慢效应。

依题意， $\tau_0 = 4 \text{ y}$ ， $\tau = 16c/v \text{ y}$ ，根据钟慢效应

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

可得

$$\sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{\tau_0}{\tau} = \frac{4}{16(c/v)} = \frac{v}{4c}$$

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{v^2}{16c^2}$$

$$16 - 16\frac{v^2}{c^2} = \frac{v^2}{c^2}$$

$$16 = 17\frac{v^2}{c^2}$$

$$\frac{v^2}{c^2} = \frac{16}{17}$$

$$v = c\sqrt{\frac{16}{17}} = \frac{4}{\sqrt{17}}c \approx 2.91 \times 10^8 \text{ m/s}$$

第 159 题

【5616】 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_____。

解析

【答案】 $\frac{1}{\sqrt{1-u^2/c^2}}\text{ m}$

【解析】 尺缩效应，固有长度。

本题所说的两只机械手所划出的痕迹应该是沿着火车行驶方向的，否则此题无法求解。

固有长度是指静止与物体的观察者测量得到的物体的长度。

从站台上观察到的长度是从运动参考系上测得的长度，车厢上的观察者测得的长度才是固有长度。因此根据尺缩效应，有

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$l_0 = \frac{l}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}\text{ m}$$

第 160 题

【4175】 设电子静止质量为 m_e ，将一个电子从静止加速到速率为 $0.6c$ (c 为真空中光速)，需做功_____。

解析

【答案】 $0.25m_e c^2$

【解析】 相对论能量，相对论质量。

相对论质量

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{m_e}{\sqrt{1 - 0.6^2}} = 1.25m_e$$

相对论能量

$$E = mc^2 = 1.25m_e c^2 = 1.25E_0$$

所以电子的能量增加了

$$\Delta E = E - E_0 = 0.25m_e c^2$$

这个能量就是外界需要对电子所做的功。

第 161 题

【4176】 当粒子的动能等于它的静止能量时，它的运动速度为_____。

解析

【答案】 $\frac{\sqrt{3}}{2}c$

【解析】 相对论能量，相对论动能，相对论质量。

相对论动能

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = m_0c^2$$

$$m = 2m_0$$

相对论质量

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

$$\sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{1}{2}$$

$$v = c\sqrt{1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{3}}{2}c$$

第 162 题

【4240】 一电子以 $0.99c$ 的速率运动 (电子静止质量为 $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)，则电子的总能量是_____J，电子的经典力学的动能与相对论动能之比是_____。

解析

【答案】 5.81×10^{-13} ；0.0805

【解析】 相对论质量，相对论能量，相对论动能。

电子以 $0.99c$ 的速率运动时的相对论质量

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 0.99^2}} \approx 7.09m_0$$

所以电子的总能量为

$$E = mc^2 = 7.09m_0c^2 = 7.09 \times 9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2 \approx 5.81 \times 10^{-13} \text{ J}$$

因此电子的相对论动能为

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = 6.09m_0c^2 = 6.09 \times 9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2 \approx 4.99 \times 10^{-13} \text{ J}$$

而电子的经典力学动能为

$$E_1 = \frac{1}{2}m_0v^2 = \frac{1}{2}m_0(0.99c)^2 = 0.5 \times 9.11 \times 10^{-31} \times (0.99 \times 3 \times 10^8)^2 \approx 4.02 \times 10^{-14} \text{ J}$$

所以二者之比为

$$\begin{aligned} \frac{E_1}{E_k} &= \frac{\frac{1}{2}m_0(0.99c)^2}{6.09m_0c^2} = \frac{(0.99)^2}{6.09 \times 2} \approx 0.0805 \\ &= \frac{4.02 \times 10^{-14}}{4.99 \times 10^{-13}} \approx 0.0806 \end{aligned}$$

第 163 题

【4499】(1) 在速度 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ 情况下粒子的动量等于非相对论动量的两倍。(2) 在速度 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ 情况下粒子的动能等于它的静止能量。

解析

【答案】 $\frac{\sqrt{3}}{2}c$; $\frac{\sqrt{3}}{2}c$

【解析】 相对论质量, 相对论动量, 相对论动能。

相对论质量

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

相对论动量

$$p = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

非相对论动量

$$p' = m_0 v$$

所以依题意有

$$\begin{aligned} \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} &= 2m_0 v \\ \sqrt{1 - v^2/c^2} &= \frac{1}{2} \\ v &= c\sqrt{1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{3}}{2}c \end{aligned}$$

相对论动能

$$E_k = mc^2 - m_0 c^2$$

依题意有

$$\begin{aligned} mc^2 - m_0 c^2 &= m_0 c^2 \\ m &= 2m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ \sqrt{1 - v^2/c^2} &= \frac{1}{2} \\ v &= c\sqrt{1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{3}}{2}c \end{aligned}$$

第 164 题

【4729】 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 $\underline{\hspace{2cm}}$ 倍。

解析

【答案】4

【解析】相对论动能。

相对论动能

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = 3m_0c^2$$

$$m = 4m_0$$

第 165 题

【4730】 α 粒子在加速器中被加速，当其质量为静止质量的 5 倍时，其动能为静止能量的_____倍。

解析

【答案】4

【解析】相对论动能。

相对论动能

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = (5m_0)c^2 - m_0c^2 = 4m_0c^2$$

第 166 题

【4733】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_____。

解析

【答案】 $(n-1)m_0c^2$

【解析】钟慢效应，相对论质量，相对论动能。

由钟慢效应，有

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

$$\frac{\tau_0}{\tau} = \frac{1}{n} = \sqrt{1-v^2/c^2}$$

所以相对论质量为

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = nm_0$$

所以相对论动能为

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = (n-1)m_0c^2$$

第 167 题

【4734】匀质细棒静止时的质量为 m_0 ，长度为 l_0 ，当它沿棒长方向作高速的匀速直线运动时，测得它的长为 l ，那么，该棒的运动速度 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ ，该棒所具有的动能 $E_k = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

解析

【答案】 $c\sqrt{1 - \frac{l^2}{l_0^2}}$ ； $\frac{l_0 - l}{l}m_0c^2$

【解析】尺缩效应，相对论质量，相对论动能。

由尺缩效应有

$$\begin{aligned} l &= l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} \\ \sqrt{1 - v^2/c^2} &= \frac{l}{l_0} \\ v &= c \sqrt{1 - \frac{l^2}{l_0^2}} \end{aligned}$$

所以细棒的相对论质量为

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{l_0}{l} m_0$$

所以细棒的相对论动能为

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = \frac{l_0}{l} m_0c^2 - m_0c^2 = \frac{l_0 - l}{l} m_0c^2$$

第 168 题

【5361】某加速器将电子加速到能量 $E = 2 \times 10^6$ eV 时，该电子的动能 $E_k = \underline{\hspace{2cm}}$ eV。（电子的静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg， $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19}$ J）

解析

【答案】 1.49×10^6

【解析】相对论动能。

相对论动能

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

三、计算题

第 169 题

【4364】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？

解析

【解析】尺缩效应。

从地面观测站测量的宇宙飞船的长度为

$$L = L_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = 0.6L_0 = 54 \text{ m}$$

地面测量的宇宙飞船的速度为 $v = 0.8c$ ，所以地面测出飞船船身通过观测站的时间间隔为

$$\Delta t = \frac{L}{v} = \frac{54}{0.8 \times 3 \times 10^8} = 2.25 \times 10^{-7} \text{ s}$$

而宇航员测量的宇宙飞船的长度为 L_0 ，他观察到观测站相对他的运动速度大小为 $v = 0.8c$ ，所以他所测出的观测站经过飞船的时间间隔为

$$\Delta t' = \frac{L_0}{v} = \frac{90}{0.8 \times 3 \times 10^8} = 3.75 \times 10^{-7} \text{ s}$$

第 170 题

【4490】地球的半径约为 $R_0 = 6376 \text{ km}$ ，它绕太阳的速率约为 $v = 30 \text{ km/s}$ ，在太阳参考系中测量地球的半径在哪个方向上缩短得最多？缩短了多少？(假设地球相对于太阳系来说近似于惯性系)

解析

【解析】尺缩效应。

尺缩效应是指运动物体沿运动方向的长度将发生变化，因此，地球半径沿地球绕太阳运动的方向上缩短得最多。根据尺缩效应

$$L = L_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

可得，在太阳参考系中测得地球沿运动方向的半径为

$$R = R_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

所以缩短了

$$\begin{aligned} \Delta R &= R_0 - R_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = R_0(1 - \sqrt{1 - v^2/c^2}) = 6376 \times 10^3 \times (1 - \sqrt{1 - (3 \times 10^4/3 \times 10^8)^2}) \\ &\approx 0.032 \text{ m} = 3.2 \text{ cm} \end{aligned}$$

第 171 题

【4491】假定在实验室中测得静止在实验室中的 μ^+ 子 (不稳定的粒子) 的寿命为 2.2×10^{-6} s, 而当它相对于实验室运动时实验室中测得它的寿命为 1.63×10^{-5} s. 试问: 这两个测量结果符合相对论的什么结论? μ^+ 子相对于实验室的速度是真空中光速 c 的多少倍?

解析

【解析】钟慢效应。

从实验结果可以发现, 运动物体的寿命延长, 即时钟变慢, 因此这个实验证明了相对论中的钟慢效应。

依题意, $\tau_0 = 2.2 \times 10^{-6}$ s, $\tau = 1.63 \times 10^{-5}$ s. 根据钟慢效应公式

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

可得, μ^+ 子相对于实验室的速度为

$$\begin{aligned} \sqrt{1 - v^2/c^2} &= \frac{\tau_0}{\tau} \\ v &= c\sqrt{1 - \left(\frac{\tau_0}{\tau}\right)^2} = c\sqrt{1 - \left(\frac{2.2 \times 10^{-6}}{1.63 \times 10^{-5}}\right)^2} \approx 0.9908c \end{aligned}$$

第 172 题

【4500】一电子以 $v = 0.99c$ (c 为真空中光速) 的速率运动。试求: (1) 电子的总能量是多少? (2) 电子的经典力学的动能与相对论动能之比是多少? (电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg)

解析

【解析】相对论质量, 相对论能量, 相对论动能。此题同【4240】。

静止质量为 $m_0 = m_e$ 的电子以 $v = 0.99c$ 的速率运动时的相对论质量

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 0.99^2}} \approx 7.09m_0$$

所以电子的总能量为

$$E = mc^2 = 7.09m_0c^2 = 7.09 \times 9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2 \approx 5.81 \times 10^{-13} \text{ J}$$

因此电子的相对论动能为

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = 6.09m_0c^2 = 6.09 \times 9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2 \approx 4.99 \times 10^{-13} \text{ J}$$

而电子的经典力学动能为

$$E_1 = \frac{1}{2}m_0v^2 = \frac{1}{2}m_0(0.99c)^2 = 0.5 \times 9.11 \times 10^{-31} \times (0.99 \times 3 \times 10^8)^2 \approx 4.02 \times 10^{-14} \text{ J}$$

所以二者之比为

$$\frac{E_1}{E_k} = \frac{\frac{1}{2}m_0(0.99c)^2}{6.09m_0c^2} = \frac{(0.99)^2}{6.09 \times 2} \approx 0.0805$$

$$= \frac{4.02 \times 10^{-14}}{4.99 \times 10^{-13}} \approx 0.0806$$