MP19-L01

MP19-L01A

__C__ 1 可嘗試次數= 3 分數= 1 物理定律在一切慣性參考系中具有相同的形式，任何力學實驗都不能區分靜止和勻速運動的慣性參考系,為下列何者？ (A)牛頓第一運動定律 (B)牛頓第二運動定律 (C)相對性原理 (D)絕對座標系原理

__A__ 2 可嘗試次數= 3 分數= 1 狹義相對論的兩個基本公設： (A)相對性原理、光速不變原理 (B)電荷守恆原理、光速不變原理 (C)光在以太中傳播、相對性原理 (D)光是一種橫波、絕對座標原理 (E)能量守恆原理、質量守恆原理

__C__ 3 可嘗試次數= 3 分數= 1 歷史上哪一位科學家最先提出相對性原理的概念？ (A)牛頓 (B)克卜勒 (C)伽利略 (D)愛因斯坦 (E)馬克斯威爾

在彼此做等速直線運動的參考系中，力學定律應該相同。

__B__ 4 可嘗試次數= 3 分數= 1 17世紀由伽利略和牛頓所發展的古典物理就已經得到電磁學的定律形式滿足相對性原理，是否正確？ (A)是 (B)否

__B__ 5 可嘗試次數= 3 分數= 1 根據愛因斯坦的狹義相對論，一個運動中的竿子在靜止的座標系看來，長度有何變化？ (A)變長 (B)變短 (C)不變

$L = L_0/\gamma$

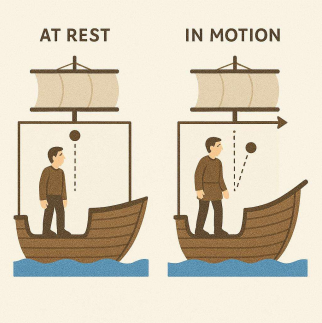
__A__ 6 可嘗試次數= 1 分數= 1 根據愛因斯坦的狹義相對論,一個運動中的時鐘, 鐘擺來回震動一週的時間,在靜止的座標系看來,這個時間長度有何變化? (A)變長 (B)變短 (C)不變

$t = \gamma t_0$

$$x' = x - vt, \qquad t' = t$$

$$c' = c - v,$$

相對性原理本身並不是 Einstein 首創；Einstein 的關鍵突破，是要求包括電磁學在內的所有物理定律都滿足相對性原理，因而必須以 Lorentz 變換取代 Galilean 變換。



MP19-L01A

_C_ 7 可嘗試次數= 3 分數= 2 勞侖茲座標變換：當兩個參考系s與s'在時刻t=0時重合，且s'相對s以速度v沿x軸正方向運動時，一個事件在s系的座標(x,y,z,t)與在s'系的座標(x',y',z',t')滿足以下關係：

$x' = \gamma(x - vt)$
$y' = y$
$z' = z$
$t' = \gamma(t - \frac{v}{c^2}x)$

其中 γ 稱為勞侖茲因子。 (A)$\gamma = \frac{v}{c}$ (B)$\gamma = \frac{v^2}{c^2}$ (C)$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ (D)$\gamma = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ (E)$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}}}$

$$E = \mathrm{KE} + mc^2 = \gamma mc^2$$

$$\mathrm{KE} = \gamma mc^2 - mc^2 = (\gamma - 1)mc^2$$

_C_ 8 可嘗試次數= 3 分數= 2 根據狹義相對論,一個質點運動時的動能，可表示為下列哪一個方程式? (A)$\frac{1}{2}mv^2$ (B)mC^2 (C) $\gamma m_0 C^2 - m_0 C^2$

_A_ 9 可嘗試次數= 3 分數= 2 根據愛因斯坦的狹義相對論,接近光速運動的電子,它的質量將比靜止不動時的質量還要 (A)大 (B)小 (C)一樣

_B_ 10 可嘗試次數= 3 分數= 2 若自由粒子的動能遠小於其靜止能量，則其動能與下列哪一個量成正比： (A)動量的大小 (B)動量大小的平方 (C)動量大小的平方根 (D)動量大小的倒數 (E)以上都不是

_D_ 11 可嘗試次數= 3 分數= 2 質量為零、能量為 E 的粒子所攜帶的動量為： (A)Ec (B)Ec^2 (C)$\sqrt{Ec}$ (D)E/c (E)E/c^2

_B_ 12 可嘗試次數= 3 分數= 2 粒子的動量大小永遠不會超過： (A)mc，其中 m 為其質量 (B)E/c，其中 E 為其能量 (C)K/c，其中 K 為其動能 (D)以上皆不正確，但有上限 (E)以上皆不正確；沒有上限

$$m(v) = \frac{m}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \gamma m$$

運動中的物體質量比較大！

線動量 $\mathbf{p} = \frac{m\mathbf{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \gamma m\mathbf{v}$

$$E^2 - (pc)^2 = \left(mc^2\right)^2$$

MP19-L01A

Problem 1

計算下列問題：(05小題)

$$\beta = \frac{v}{c} = 0.80 \qquad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-(0.80)^2}} = \frac{1}{\sqrt{0.36}} = \frac{1}{0.60} = 1.667$$

(a)一艘太空船以 $v = 0.80c$ 相對地球運動。求 Lorentz factor γ=_____

13: **ANS:=1.67**

$$v = 0.90c \qquad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-(0.90)^2}} = \frac{1}{\sqrt{0.19}} = 2.294$$

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 \quad = (2.294)(2.0 \times 10^{-6}) = 4.59 \times 10^{-6}\text{s}$$

(b)一顆不穩定粒子在自身靜止參考系中的平均壽命為 $2.0\,\mu s$。若它以 $0.90c$ 相對實驗室運動，實驗室測得的平均壽命=_____ s

14: **ANS:=4.59E-6**

$$\frac{v}{c} = 0.80 \qquad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-(0.80)^2}} = \frac{5}{3} = 1.667 \qquad L = \frac{L_0}{\gamma} = \frac{120}{1.667} = 72.0\text{ m}$$

(c)一艘太空船的靜止長度為 $L_0 = 120\,\text{m}$。若太空船以 $0.80c$ 通過地球，地球上的觀察者測得太空船長度=_____ m

15: **ANS:=72.0**

(d)某恆星距離地球 8.0 光年。一艘太空船以 $0.80c$ 從地球飛往該恆星，忽略加速與減速時間。太空船上的太空人認為旅程需要多久要_____ 年

16: **ANS:=6.0**

(e)參考系 S' 以 $0.60c$ 沿 $+x$ 方向相對 S 運動。在 S 中某事件發生於$x = 900\,\text{m}$, $t = 5.00\,\mu s$，求此事件在 S' 中的 t'=_____ s。

17: **ANS:=4E-6**

$$\Delta t = \frac{8.0}{0.80} = 10.0\text{ yr} \qquad \Delta\tau = \frac{\Delta t}{\gamma}$$

$$\gamma = \frac{5}{3} \qquad \Delta\tau = 6.0\text{ yr}$$

$$t' = \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right) \qquad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-(0.60)^2}} = \frac{1}{\sqrt{0.64}} = \frac{1}{0.80} = 1.25$$

$$\frac{vx}{c^2} = 1.80\,\mu s$$

$$t' = 1.25\left(5.00 \times 10^{-6} - 1.80 \times 10^{-6}\right)$$

$$= 1.25(3.20 \times 10^{-6}) \quad = 4.00 \times 10^{-6}\text{ s}$$

MP19-L01A

Problem 2

The mean lifetime of stationary muons is measured to be 2.2000 μs. The mean lifetime of high-speed muons in a burst of cosmic rays observed from Earth is measured to be 16.000 μs. To five significant figures, what is the speed parameter β of these cosmic-ray muons relative to Earth? (01小題)

β=_____

18: **ANS:=0.99050**

靜止μ子的平均壽命測量值為2.2000 μs。從地球觀測到的宇宙射線爆發中高速μ子的平均壽命測量值為16.000 μs。這些宇宙射線μ子相對於地球的速度參數β是多少（保留五位有效數字）？

$$\tau_0 = 2.2000\,\mu s \qquad \tau = 16.000\,\mu s \qquad \tau = \gamma\tau_0 \qquad \gamma = \frac{\tau}{\tau_0} = \frac{16.000}{2.2000} = 7.272727$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad \frac{1}{\gamma^2} = 1-\beta^2 \qquad \beta = \sqrt{1-\frac{1}{\gamma^2}} = 0.9905$$

MP19-L01A

Problem 3

Consider the point of view of an observer who is moving toward the Earth at the same velocity as the muon. In this reference frame, what is the apparent thickness of the Earth's atmosphere? To an observer on the Earth, the height of the atmosphere is its rest length L_0 of 100 km. height=_____ m (01小題)

---

height=_____ m

19: **ANS:=660**

考慮一位以與μ子相同速度向地球運動的觀察者的視角。在這個參考系中，地球大氣層的視厚度是多少？對地球上的觀察者來說，大氣層的高度是其靜止長度L_0100 km。

高度=_____ m

$$\gamma = 7.272727 \qquad L = \frac{L_0}{\gamma} = \frac{100000}{7.272727}$$

$$L = 13750\,\mathrm{m}$$

MP19-L01A

Problem 4

A rod lies parallel to the x axis of reference frame S, moving along this axis at a speed of 0.630c. Its rest length is 1.70 m. What will be its measured length in frame S? (01小題)

$L =$_____

20: **ANS:=1.32**

一根桿平行於參考系 S 的 x 軸，沿著該軸以 0.630c 的速率移動。它的靜止長度為 1.70 m。求它在參考系 S 中的長度。

$$L_0 = 1.70\,\text{m} \qquad v = 0.630c$$

$$L = L_0\sqrt{1-\beta^2} \qquad \beta = 0.630$$

$$L = (1.70)\sqrt{1-(0.630)^2} = (1.70)\sqrt{0.6031}$$

$$= 1.3202\,\text{m}$$

MP19-L01A

Problem 5

Galaxy A is reported to be receding from us with a speed of 0.35c. Galaxy B, located in precisely the opposite direction, is also found to be receding from us at this same speed. What multiple of c gives the recessional speed an observer on Galaxy A would find for (a) our galaxy and (b) Galaxy B? (01小題)

(a) the recessional speed of our galaxy=_____ c

21: **ANS:=0.35**

據報導，星系 A 正以 0.35c 的速度遠離我們。位於其正相反方向的星系 B 也被發現以相同的速度遠離我們。 c 的哪一個倍數才能使星系 A 上的觀測者觀測到的 (a) 我們銀河系和 (b) 星系 B 的退化速度相等？

Problem 5

What is the minimum energy that is required to break a nucleus of ^{12}C (of mass 11.99671 u) into three nuclei of ^{4}He (of mass 4.00151 u each)? (01小題)

minimum energy=_____ MeV

23: **ANS:=7.28**

將一個碳-12原子核（質量為11.99671 u）分解成三個氦-4原子核（每個原子核質量為4.00151 u）所需的最小能量是多少？

(b) the recessional speed of galaxy B=_____ c

$\boxed{v = 0.35c}$ 22: **ANS:=0.62**

$0.35c + 0.35c = 0.70c$

$u = -0.35c, \quad v = +0.35c$

$$u' = \frac{u - v}{1 - \frac{uv}{c^2}} = \frac{-0.35c - 0.35c}{1 - \frac{(-0.35c)(0.35c)}{c^2}} = \frac{-0.70c}{1 + 0.1225} = -0.62361c$$

$$m_f = 3(4.00151) = 12.00453\,u$$

$$\Delta m = m_f - m_i = 12.00453 - 11.99671 = 0.00782\,u$$

$$E = \Delta m c^2 \qquad 1u\,c^2 = 931.494\,\text{MeV}$$

$$E = (0.00782)(931.494) = 7.2843\,\text{MeV}$$

MP19-L01A

Problem 6

What is the minimum energy that is required to break a nucleus of ^{12}C (of mass 11.99671 u) into three nuclei of ^{4}He (of mass 4.00151 u each)? (01小題)

minimum energy=_____ MeV

23: **ANS:=7.28**

將一個 12C 原子核（質量為 11.99671 u）分解成三個 4He 原子核（每個原子核質量為 4.00151 u）所需的最小能量是多少？

Problem 7

根據質能互換定律，將電子與質子的靜止質量以電子伏特表示。 (02小題)

(a) m_e=_____ MeV

24: **ANS:=0.51**

(b) m_p=_____ Mev

25: **ANS:=939.3**

$$E_0 = m_e c^2 = (9.109 \times 10^{-31})(3.00 \times 10^8)^2$$

$$m_e c^2 = 0.510999\,\text{MeV}$$

$$\boxed{m_e = 0.511\ \text{MeV}/c^2}$$

$$m_p c^2 = 938.272\,\text{MeV} \qquad \boxed{m_p = 938.27\ \text{MeV}/c^2}$$