1. (Fgv 2017) A nave "New Horizons", cuja foto é apresentada a seguir, partiu do Cabo Canaveral em janeiro de 2006 e chegou bem perto de Plutão em julho de 2015. Foram mais de 9 anos no espaço, voando a $21\,\text{km/s}$. É uma velocidade muito alta para nossos padrões aqui na Terra, mas muito baixa se comparada aos $300.000\,\text{km/s}$ da velocidade da luz no vácuo.

(http://goo.gl/oeSWn)

Considere uma nave que possa voar a uma velocidade igual a 80% da velocidade da luz e cuja viagem dure 9 anos para nós, observadores localizados na Terra.

Para um astronauta no interior dessa nave, tal viagem duraria cerca de
a) $4{,}1$ anos.
b) $5{,}4$ anos.
c) $6{,}5$ anos.
d) 15 anos.
e) $20{,}5$ anos.

2. (Cefet MG 2015) Um observador A está em uma espaçonave que passa perto da Terra afastando-se da mesma com uma velocidade relativa de $0{,}995\text{ c}$. A espaçonave segue viagem até que o observador A constata que a mesma já dura $2{,}50$ anos. Nesse instante, a espaçonave inverte o sentido da sua trajetória e inicia o retorno à Terra, que dura igualmente $2{,}50$ anos, de acordo com o relógio de bordo. Um observador B, na superfície da Terra, envelhece, aproximadamente, entre a partida e o retorno da espaçonave,
a) 50 anos.
b) 25 anos.
c) $5{,}0$ anos.
d) $2{,}5$ anos.
e) $0{,}50$ ano.

3. (Ufmg 2012) Considere que, no ano de 2222, um trem expresso passa por uma estação à velocidade de 0,2 *c,* em que *c* é a velocidade da luz. Henrique está dentro desse trem, em um vagão que mede 30 m de comprimento. Quando o trem está passando pela estação, Henrique liga um *laser* situado no fundo do vagão. Esse laser emite um pulso de luz, que é refletido por um espelho posicionado na frente do vagão, retorna e atinge um detector situado junto ao *laser.*

a) No referencial de Henrique, calcule o intervalo de tempo entre o pulso sair do *laser* e atingir o detector.
b) Enquanto isso, Alberto, parado na estação, vê o trem passar.
Considerando essa informação, responda: qual é a velocidade do pulso de luz do *laser* medida no referencial de Alberto? Justifique sua resposta.

4. (Upe 2013) Uma régua cujo comprimento próprio é de 50 cm está se movendo paralelamente à sua maior dimensão com velocidade 0,6 c em relação a certo observador. Sobre isso, é CORRETO afirmar que o comprimento da régua, em centímetros, para esse observador vale
a) 35
b) 40
c) 62,5
d) 50
e) 100

5. (Fgv 2018) Os avanços tecnológicos que a ciência experimentou nos últimos tempos nos permitem pensar que, dentro em breve, seres humanos viajarão pelo espaço sideral a velocidades significativas, se comparadas com a velocidade da luz no vácuo.
Imagine um astronauta terráqueo que, do interior de uma nave que se desloca a uma velocidade igual a 60% da velocidade da luz, avista um planeta. Ao passar pelo planeta, ele consegue medir seu diâmetro, encontrando o valor $4,8 \cdot 10^{6}$ m. Se a nave parasse naquelas proximidades e o diâmetro do planeta fosse medido novamente, o valor encontrado, em 10^{6} m, seria de
a) $2,7$.
b) $3,6$.
c) $6,0$.
d) $7,5$.
e) $11,0$.

6. Um neutrino viaja através do espaço, percorrendo a trajetória que liga o Sol à Terra, com velocidade igual a 0,8c. Sabendo que a distância entre Sol e a Terra é de, aproximadamente, 150 milhões de quilômetros, determine a distância percorrida no referencial do neutrino.

7. (Ufrgs 2014) Os múons cósmicos são partículas de altas energias, criadas na alta atmosfera terrestre. A velocidade de alguns desses múons (v) é próxima da velocidade da luz (c), tal que $v^{2} = 0,998c^{2}$, e seu tempo de vida em um referencial em repouso é aproximadamente $t_{0} = 2 \times 10^{-6}$ s. Pelas leis da mecânica clássica, com esse tempo de vida tão curto, nenhum múon poderia chegar ao solo, no entanto eles são detectados na Terra. Pelos postulados da relatividade restrita, o tempo de vida do múon em um referencial terrestre (t) e o tempo t_{0} são relacionados pelo fator relativístico

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

Para um observador terrestre a distância que o múon pode percorrer antes de se desintegrar é, aproximadamente,
a) $6,0 \times 10^{2}$ m.
b) $6,0 \times 10^{3}$ m.
c) $13,5 \times 10^{3}$ m.
d) $17,5 \times 10^{3}$ m.
e) $27,0 \times 10^{3}$ m.

8. (Ita 2015) Um múon de meia-vida de $1{,}5\,\mu s$ é criado a uma altura de $1\,km$ da superfície da Terra devido à colisão de um raio cósmico com um núcleo e se desloca diretamente para o chão. Qual deve ser a magnitude mínima da velocidade do múon para que ele tenha 50% de probabilidade de chegar ao chão?

a) $6{,}7 \times 10^{7}\,m/s$

b) $1{,}2 \times 10^{8}\,m/s$

c) $1{,}8 \times 10^{8}\,m/s$

d) $2{,}0 \times 10^{8}\,m/s$

e) $2{,}7 \times 10^{8}\,m/s$

9. (Ufrgs 2011) De acordo com a Teoria da Relatividade quando objetos se movem através do espaço-tempo com velocidades da ordem da velocidade da luz, as medidas de espaço e tempo sofrem alterações. A expressão da contração espacial é dada por $L = L_o \left(1 - v^2/c^2\right)^{\frac{1}{2}}$, onde v é a velocidade relativa entre o objeto observado e o observador, c é a velocidade de propagação da luz no vácuo, L é o comprimento medido para o objeto em movimento, e L_0 é o comprimento medido para o objeto em repouso.

A distância Sol-Terra para um observador fixo na Terra é $L_0 = -l{,}5 \times l0^{11}$ m. Para um nêutron com velocidade v = 0,6 c, essa distância é de

a) $1{,}2 \times 10^{10}$ m.

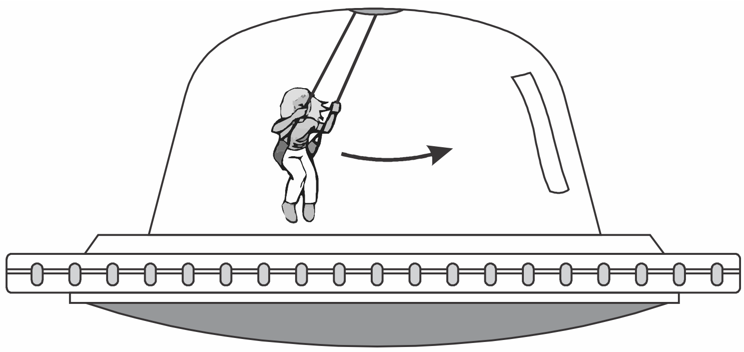
b) $7{,}5 \times 10^{10}$ m.

c) $1{,}0 \times 10^{11}$ m.

d) $1{,}2 \times 10^{11}$ m.

e) $1{,}5 \times 10^{11}$ m.

10. (Epcar (Afa) 2014) Uma garota de nome Julieta se encontra em uma nave espacial brincando em um balanço que oscila com período constante igual a T_0, medido no interior da nave, como mostra a figura abaixo.



A nave de Julieta passa paralelamente com velocidade $0{,}5\,c$, em que c é a velocidade da luz, por uma plataforma espacial, em relação à qual, o astronauta Romeu se encontra parado. Durante essa passagem, Romeu mede o período de oscilação do balanço como sendo T e o comprimento da nave, na direção do movimento, como sendo L.
Nessas condições, o período T, medido por Romeu, e o comprimento da nave, medido por Julieta, são respectivamente

a) $\frac{2}{3} T_0 \sqrt{3}$ e $\frac{2}{3} L \sqrt{3}$

b) $\frac{2}{3} T_0 \sqrt{3}$ e $\frac{L\sqrt{3}}{2}$

c) $\frac{T_0\sqrt{3}}{2}$ e $\frac{2}{3} L \sqrt{3}$

d) $\frac{T_0\sqrt{3}}{2}$ e $\frac{L\sqrt{3}}{2}$

11. (Ufes 2012) No interior de um veículo espacial, encontramos dois capacitores isolados de placas finas planas paralelas, com capacitância $C_1 = 10$ F, $C_2 = 30$ F e cargas $Q_1 = 1$ C, $Q_2 = 3$ C, respectivamente. A distância entre as placas para cada um dos capacitores é d = 1 mm. Após o lançamento, esse veículo apresenta um vetor velocidade constante de módulo 36.000 km/h e de direção paralela ao vetor distância $\vec{d}$ entre as placas. Sabendo que as placas planas paralelas dos capacitores são perpendiculares ao vetor velocidade, determine

a) a capacitância total do sistema antes do lançamento, quando se associam os capacitores em paralelo;
b) a tensão entre as placas do capacitor com carga Q_1 antes do lançamento;
c) a capacitância C_2, após o lançamento, para um observador fixo na terra;
d) a velocidade do foguete para que a capacitância de C_1 aumente em 2%.

Se necessário, use $\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} \approx 1+\frac{1}{2}x^2,$ para $x^2 \sim 1$

Respostas

Resposta da questão 1:
[B]

Para calcular o tempo próprio para o astronauta dentro da nave, consideramos a Teoria da Relatividade em que trata de um tema muito pitoresco que é o paradoxo dos gêmeos. Este paradoxo fala que ao se separar os gêmeos, fazendo um viajar numa espaçonave a velocidades próximas a da luz enquanto o outro fica na Terra, quando encerrar a viagem e eles se encontrarem novamente, o tempo para quem ficou na Terra sofreu uma dilatação sentida pela idade aparente dos dois gêmeos. Esse paradoxo é conhecido como a Dilatação do Tempo.

O cálculo baseia-se na equação:

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

Onde,
$\Delta t =$ é o intervalo de tempo no referencial da Terra
$\Delta t' =$ é o intervalo de tempo para o astronauta
$v =$ é a velocidade da nave em relação a velocidade da luz
$c =$ é a velocidade da luz

Então substituindo os valores fornecidos no problema, temos:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \Rightarrow 9 = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - (0{,}8c)^2/c^2}} \therefore \Delta t' = 9\sqrt{0{,}36} = 5{,}4 \text{ anos}$$

Resposta da questão 2:
[A]

Trata-se de uma questão sobre a Teoria da Relatividade, mais especificamente sobre a dilatação do tempo. Para isto, temos que:

$$\Delta t_2 = \Delta t_1 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Onde,
$\Delta t_1 \rightarrow$ Tempo decorrido para o observador em repouso;
$\Delta t_2 \rightarrow$ Tempo decorrido dentro da aeronave;
$v \rightarrow$ Velocidade da aeronave.

Assim,

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta t_2}{\sqrt{1 - \frac{(0{,}995 \cdot c)^2}{c^2}}} = \frac{5}{0{,}01}$$

$$\Delta t_1 = 50 \text{ anos}$$

Resposta da questão 3:

a) Dados: **c** = 3×10^8 m/s; **L** = 30 m.
De acordo com o 2º postulado de Einstein, a velocidade da luz é a mesma em qualquer sistema de referência. Assim:

$$L = c\ t \;\Rightarrow\; t = \frac{L}{c} = \frac{30}{3\times10^8} \;\Rightarrow\; t = 1\times10^{-7}\,\text{s}.$$

b) Novamente, de acordo com o 2º postulado de Einstein, a velocidade do pulso de *laser,* medida no referencial de Alberto, é **c** = 3×10^8 m/s.

Resposta da questão 4:
[B]

Pela Teoria da relatividade, sabemos que

$$L = L_0\sqrt{1-\left(\frac{v}{C}\right)^2} \rightarrow L = 50\sqrt{1-\left(\frac{0{,}6C}{C}\right)^2}$$

$$L = 50\sqrt{1-\left(\frac{0{,}6C}{C}\right)^2} = 50\sqrt{1-0{,}36} = 50x08 = 40\ \text{cm}$$

Resposta da questão 5:
[C]

Comparando os diâmetros através da Teoria da Relatividade, temos:

$$d = d_0\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}$$
$$4{,}8\cdot10^6 = d_0\sqrt{1-(0{,}6)^2}$$
$$4{,}8\cdot10^6 = d_0\cdot0{,}8$$
$$\therefore d_0 = 6\cdot10^6\ \text{m}$$

Resposta da questão 6:

90 milhões de quilômetros

Resposta da questão 7:
[C]

Dados: $\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$; $t_0 = 2\times10^{-6}$ s; $v^2 = 0{,}998\,c^2$.

Fazendo a correção para o tempo:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow t = \frac{2\times10^{-6}}{\sqrt{1-\frac{0,998\ c^2}{c^2}}} = \frac{2\times10^{-6}}{\sqrt{20\times10^{-4}}} = \frac{\cancel{2}\times10^{-6}}{\cancel{2}\sqrt{5}\times10^{-2}} = \frac{\sqrt{5}\times10^{-4}}{5} \Rightarrow$$

$t = 4,5\times10^{-5}$ s.

A distância (**D**) percorrida pelo múon é: $D = v\ t \cong 3\times10^{8}\times4,5\times10^{-5} \Rightarrow \boxed{D = 13,5\times10^{3}\ \text{m.}}$

Resposta da questão 8:
[E]

Dados: $t = 1,5\ \mu s = 1,5\times10^{-6}$ s; $L_0 = 1\ km = 10^3$ m; $c = 3\times10^8$ m/s.

No tempo de meia vida, o múon deve percorrer a distância relativística L.

$$\left\{\begin{array}{l} L = v\,t \\ L = L_0\sqrt{\dfrac{c^2-v^2}{c^2}} \end{array}\right\rangle \Rightarrow L_0\sqrt{\frac{c^2-v^2}{c^2}} = v\,t \Rightarrow \frac{L_0^2}{c^2}\left(c^2-v^2\right) = v^2\ t^2 \Rightarrow$$

$$c^2 = v^2 = v^2\left(1+t^2\ \frac{c^2}{L_0^2}\right) \Rightarrow 9\times10^{16} = v^2\left(1+2,25\times10^{-12}\times\frac{9\times10^{16}}{10^6}\right) \Rightarrow v^2 = \sqrt{\frac{9\times10^{16}}{1,2025}} \Rightarrow$$

$$\boxed{v = 2,7\times10^{8}\ \text{m/s.}}$$

Resposta da questão 9:
[D]

Aplicação direta da fórmula:

$$L = 1,5x10^{11}\sqrt{1-\frac{0,36C^2}{C^2}} = 1,5x10^{11}x0,8 = 1,2x10^{11}m\,.$$

Resposta da questão 10:
[A]

A dilatação do espaço-tempo é dada por:

$$T = T_0\,\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Para $v = 0,5c,$ temos que:

$$T = T_0\,\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{0,5c}{c}\right)^2}} \Rightarrow T = T_0\,\frac{1}{\sqrt{\frac{3}{4}}} \Rightarrow T = T_0\,\frac{2}{\sqrt{3}} \therefore T = T_0\,\frac{2\sqrt{3}}{3}$$

Já, a contração do comprimento é dada pela equação:

$$L = L_0\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

Para $v = 0,5c,$ temos que:

$$L = L_0\sqrt{\frac{3}{4}} \Rightarrow L = L_0\frac{\sqrt{3}}{2} \therefore L_0 = 2L\frac{\sqrt{3}}{3}$$

Resposta da questão 11

a) Dados: $\mathbf{C_1}$ = 10 F e $\mathbf{C_2}$ = 30 F.
Como os capacitores estão em paralelo, a capacitância total é a soma das capacitâncias:
$$C_T = C_1 + C_2 = 10 + 30 \Rightarrow C_T = 40\ \text{F}.$$
b) Dados: $\mathbf{C_1}$ = 1 F e $\mathbf{Q_1}$ = 1 C.
$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{10}{1} \Rightarrow U_1 = 10\ \text{V}.$$
c) Dados: **d** = 1 mm; **v** = 36.000 km/h = 10^4 m/s. Como não foi fornecida a velocidade da luz, vamos considerá-la **c** = 3×10^8 m/s.
Calculemos a razão **v/c**:
$$\frac{v}{c} = \frac{10^4}{3\times10^8} = 3{,}3\times10^{-5}.$$

Essa razão mostra que a velocidade da nave é desprezível em relação à velocidade da luz, sendo, então, também desprezíveis os efeitos relativísticos. A distância relativística (**d'**) entre as placas é praticamente igual à distância de repouso (**d**).

$$\left\{\begin{aligned} C_2 &= \frac{\varepsilon\ A}{d} \\ C_2' &= \frac{\varepsilon\ A}{d'} \end{aligned}\right\rangle\ d' \cong d \Rightarrow C_2' \cong C_2 = 30\ \text{F}.$$
d) Dados: **d** = 1 mm. Como não foi fornecida a velocidade da luz, vamos considerá-la
c = 3×10^8 m/s.
Sendo **d'** a distância relativística para um observador na Terra (considerando o mesmo referencial do item anterior), para um aumento de 2% na capacitância de C_1, temos:

$$C_1' = C_1 + 2\%C_1 \Rightarrow C_1' = \frac{102}{100}C_1 \Rightarrow C_1' = 1{,}02\ C_1$$
$$\left\{\begin{aligned} C_1 &= \frac{\varepsilon\ A}{d} \\ C_1' &= \frac{\varepsilon\ A}{d'} \end{aligned}\right\rangle\ \frac{\varepsilon\ A}{d'} = 1{,}02\frac{\varepsilon\ A}{d} \Rightarrow \frac{d}{d'} = 1{,}02.$$

Da expressão de Einstein para o comprimento relativístico:

$$d' = d\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2} \Rightarrow d = \frac{d'}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} \Rightarrow \frac{d}{d'} = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}.$$

Para a variação pretendida na distância, a velocidade da nave é muito menor que a velocidade da luz, portanto:
$$\left(\frac{v}{c}\right)^2 << 1.$$
Podemos, então, usar a aproximação sugerida no enunciado:
$$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} \approx 1 + \frac{1}{2}x^2.$$
Assim:

$$\frac{d}{d'} = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} \Rightarrow 1{,}02 = 1 + \frac{1}{2}\left(\frac{v}{c}\right)^2 \Rightarrow 0{,}02 = \frac{1}{2}\left(\frac{v}{c}\right)^2 \Rightarrow 0{,}04 = \frac{v^2}{c^2} \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{0{,}04\ c^2} \Rightarrow v = 0{,}2\ c = 0{,}2\left(3 \times 10^8\right) \Rightarrow$$

$$v = 6 \times 10^7\ \text{m/s}.$$